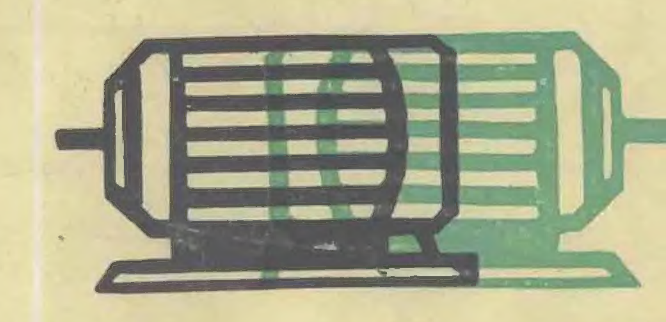
单相异步电动机

原理·运行·应用·维修

杨发生
徐文宪
编著



广东高等教育出版社

单 相 异 步 电 动 机

原理·运行·应用·维修

徐文宪　杨发生　编著

广东高等教育出版社

内 容 提 要

本书系统地叙述了单相异步电动机的基本原理、结构、定子绕组及其计算、运行特性及维修方法。此外，本书还详尽的介绍了单相异步电动机在家用电器中的应用。并在附录中提供了有关参考资料和技术数据，供读者选用。

本书通俗易懂、深入浅出、图文并茂，理论密切联系实际。可供电气技术工作者和广大家用电器爱好者参阅读，亦可供有关学校师生参考。

单 相 异 步 电 动 机

原理·运行·应用·维修

徐文宪 杨发生 编著

●

广东高等教育出版社出版

广 东 省 新 华 书 店 经 销

广州佛冈县印刷厂 印 刷

787×1092毫米32开本8.375印张170千字

1987年9月第1版 1987年9月第1次印刷

印数1—10000

ISBN 7—5361—0011—4/TM·1

统一书号：15343·13

定 价：1·90元

前　　言

单相异步电动机在工农业生产及人们的日常生活中有着广泛的应用。近年来，随着家用电器的迅速普及，作为家用电器三大主要产品（电风扇、洗衣机、电冰箱）的心脏和动力的单相异步电动机的需要量也越来越大了。在国外工业发达的国家中，每一个家庭使用有数十台单相异步电动机；目前，在我国，使用上十台单相异步电动机的家庭亦不属少见。

本书系统全面地介绍了单相异步电动机的原理、结构、定子绕组及其计算、运行性能、使用和维修等基本知识。并且详述了单相异步电动机在电风扇、洗衣机、电冰箱中的应用及这些家用电器的选购、使用和维修方法。在编写过程中力求做到概念清楚、深入浅出、通俗易懂。使广大电气工人和家用电器业余爱好者看得懂、学得着、用得上。

本书由华南工学院徐文宪副教授和广州家用电器工业公司家电研究所杨发生工程师合作编写。其中第1—3章及附录由徐文宪执笔，第4—6章由杨发生执笔，杨发生并完成了统稿工作。

广州电器科学研究所吴金方工程师对本书稿提出了宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。

编著者

一九八七年元旦

目　录

第一章　单相异步电动机的基本原理

第二章　单相电动机的主要类型及起动方法

第五章　单相异步电动机在家用电器中的应用

附录

第一章　单相异步电动机的基本原理

第一节　常用的基本电磁定律

我们知道，电机是完成机——电能量转换的一种机械。发电机把机械能转换成电能，电动机把电能转换成机械能。它们的工作原理都是建立在电和磁的相互作用和相互转化的基础上，因此，掌握基本电磁规律是研究电机的基础。下面简要地叙述这些规律。

§1·1—1　右手螺旋定则

导线中有电流通过时，其周围就会产生磁场。若改变导线中电流的方向和大小，其磁场的方向和强弱也随之而改变。电流方向与磁场的方向可用右手螺旋定则来判断。

当电流通过单根直导体时，如图1-1-1（a）所示，它产生的磁场方向可以这样来确定：用右手握住导体，大拇指表示电流的方向，则其余四指即表示磁力线的方向，如图1-1-1（b）所示。

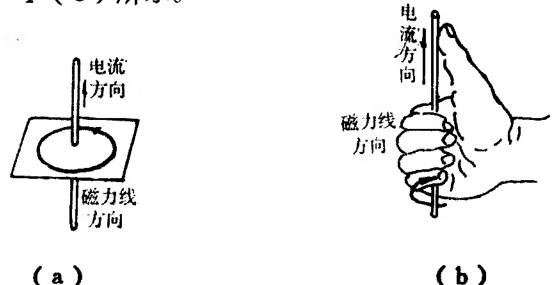


图1-1-1　直导体电流磁场

当电流通过螺管式线圈时，如图 1-1-2(a) 所示，它产生的磁场方向可以这样来确定：用右手握住线圈，四指表示电流方向，则大姆指表示螺线管内磁力线的方向，大姆指所指的线圈端即为磁场的北极(N)，另一端为南极(S)，如图 1-1-2（b）所示。

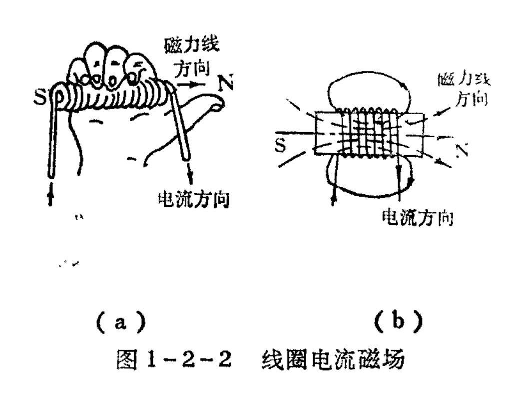


图 1-2-2　线圈电流磁场

为了清楚和方便起见，常采用截面图来表示电流和磁场的方向，如图 1-1-3 所示。导体中的电流进入纸面，用符号⊗表示，电流离开纸面，用符号⊙表示。导体周围的同心圆表示磁力线，箭头表示磁力线的环绕方向。

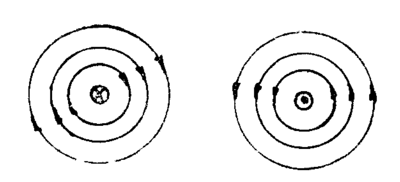


图 1-1-3　用截面法表示导线电流方向和磁场方向

§ 1·1—2　右手定则（发电机定则）

如图1-1-4所示，我们以外力F推动某一导体以速度v在磁场中运动而切割磁力线时，则在该导体中感应电势。其大小为

$$e=Blv \qquad (1-1)$$

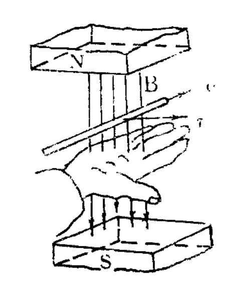


图1-1-4　右手定则

式中　e——感应电势(伏)；

B——磁通密度，即单位面积通过的磁通（韦伯/米^2）；

l——导体的有效长度，即导体切割磁力线部分的长度（米）；

v——导体在垂直于磁力线方向的速度（米/秒）。

感应电势e的计算公式（1—1）仅适用于磁力线、电势和导体运动方向三者相互垂直的情况。如果导体运动方向与磁力线方向的夹角α为任意角度（如图1-1-5所示）时，则

$$e=Blv\sin\alpha \qquad (1-2)$$

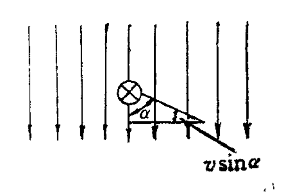


图1-1-5　导线与磁力线成α角运动

感应电势e 的方向，通常形象地用右手定则来确定，如图1-1-4中将右手掌伸开，大姆指与其它四指垂直，使磁力线指向手掌，如大姆指指向导体的运动方向，则其它四指指向导体中的感应电势方向。

此时，我们如果将导体接成闭合电路，就会产生电流，发生电功率。一般发电机就是按照这个原理制成的。

§1·1—3　左手定则（电动机定则）

如图1-1-6所示，我们将通电流的导体置于磁场中，就会产生电磁力F_{em}推动导体运动，其大小为

$$F_{em}=BlI \quad (1-3)$$

式中 B——磁场的磁通密度（韦/米²）；

l ——导体的有效长度（米）；

I ——导体中的电流（安）；

F_{em}—— 导体所受的电磁力（牛）。

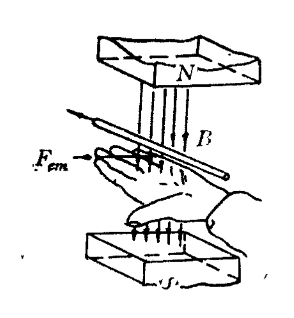


图1-1-6　左手定则

公式（1—3）仅适用于电流方向、磁力线方向和导体所受的力的方向三者相互垂直的情况。如果载流导体与磁场的磁力线间的夹角为θ时，如图1-1-7所示。则

$$F_{me}=BlIsim\theta \quad (1-4)$$

电磁力F_{em}的方向，通常形象地用左手手掌定则来确定，如图1-1-6中将左手掌伸开，大姆指与其它四指垂直，使磁力线指向手掌，令其它四指指向导体中电流的方

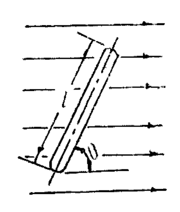


图 1－1－7　与磁场成 θ 角的载流导线的运动

向，则大姆指指向就是导体所受电磁力的方向。

电动机就是根据这个原理制成的。

第二节　三相异步电动机的工作原理

我们知道，三相异步电动机应用得最为广泛，而且是学习单相异步电动机的基础，因此我们先对三相异步电动机的基本工作原理予以简要介绍。

§1·2—1　三相交流电的旋转磁场

三相异步电动机由定子、转子、端盖和机座等几部分组成。基本的是定子和转子两部分。

定子是用0.35或0.5 毫米厚的硅钢片经冲压后迭成。在定子铁芯的内圆上均匀地冲有槽口，如图 1－2－1 所示。在铁芯迭压以后形成定子槽，以便嵌放定子线圈。

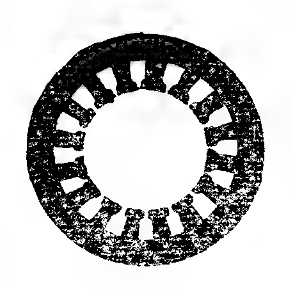


图 1－2－1　定子铁芯冲片

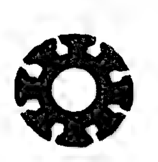
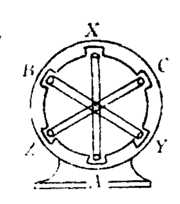


图 1－2－2　转子铁芯冲片

转子也是用0.35或0.5 毫米厚的硅钢片迭成，在转子外圆四周冲有槽口，如图1－2－2所示。槽中嵌放铜条（或铝条），并在两边用端环短接起来，构成鼠笼绕组。现在生产的中小型电动机和单相异步电动机，转子槽内的导体和两边端环一起用铝铸成，构成铸铝的鼠笼绕组。

我们以最简单的定子线圈来说明三相交流电的旋转磁场的产生和特点。

如图1－2－3所示，是一个简单的两极电动机定子示意图。用三个相差120° 的线圈AX、BY、CZ代表三相线圈嵌放在定子铁芯内。三个线圈可接成星形（Y）或三角形（△）。



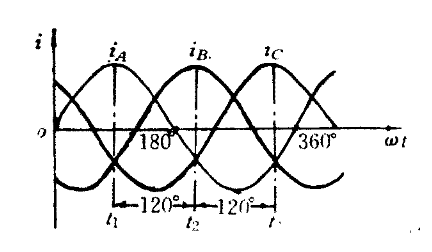


图1－2－3　二极、三个互成120° 的定子线圈示意图　　图1－2－4　三相正弦交流电

在三相线圈中通入如图1－2－4所示的对称三相交流电，对称的三相电流可用下列公式表示：

$$\left.\begin{aligned} i_A &= I_m \sin\omega t \\ i_B &= I_m \sin(\omega t-120^\circ) \\ i_C &= I_m \sin(\omega t-240^\circ) \end{aligned}\right\} \qquad (1-5)$$

式中 i_A、i_B、i_C 分别为A、B、C三相电流的瞬时值，三相电流最大振幅值都是 I_m，ω为角速度，每相电流都在 $+I_m$到$-I_m$之间周期地变化。且ωt经历360°，电流大小变化一周。电学上把与电源变化周期对应的角度，称为电角度。

由图可见，各相电流达到最大值的时间不同，在t_1瞬时i_A最大；到t_2瞬时i_B最大，到t_3瞬时i_C最大。t_1至t_2，t_2至t_3均相差$\frac{1}{3}$周期或120°电角度。即是A相电流超前B相电流120°，B相电流超前C相电流120°；或者是B相电流滞后A相电流120°，C相电流滞后B相电流120°。

当对称三相交流电通入对称三相绕组时，我们假定电流为正值时，电流从线圈的首端（A、B、C）流入（用⊗表示）；由末端（X、Y、Z）流出，（用⊙表示）。负值时，电流从线圈末端流入，而由首端流出。

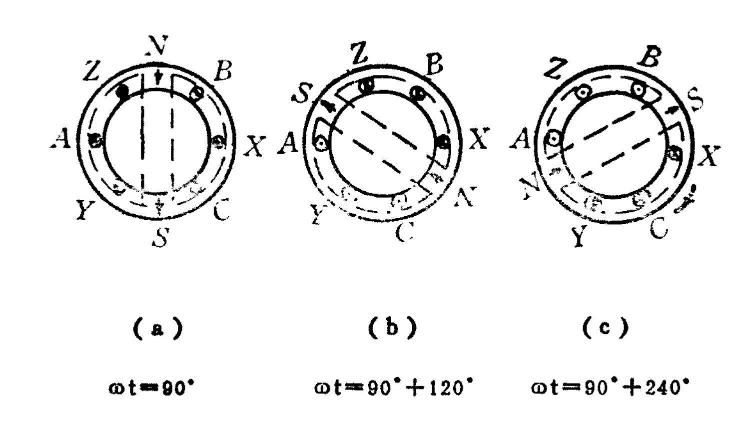


图1-2-5　三相二极电机定子绕组的电流和磁场

在t_1瞬时，$\omega t_1=90°$，由式（1—5）可得：

$$\begin{cases} i_A=I_m\sin 90°=I_m \\ i_B=I_m\sin(90°-120°)=-\frac{I_m}{2} \\ i_C=I_m\sin(90°-240°)=-\frac{I_m}{2} \end{cases}$$

可见在t_1瞬时，I_A为正的最大值，I_B和I_C为负，其大小为最大值的$\frac{1}{2}$。由图1-2-5(a)可见，I_A由A流入⊗，由X流出⊙；I_B由Y流入⊗，由B流出⊙；I_c由Z流入⊗，由C流出⊙。三相绕组中产生的合成磁场相当于一个N极在上，S极在下的2极磁场。合成磁场的中心线在AX线圈的轴线位置。

在t_2瞬时，$\omega t_2=90°+120°=210°$，由式（1—5）可得：

$$\begin{cases} i_A=-\frac{I_m}{2} \\ i_B=I_m \\ i_C=-\frac{I_m}{2} \end{cases}$$

此时三相绕组中电流的流向及其合成磁场的方向如图1-2-5（b）。合成磁场的中心线移到BY线圈的轴线位置。

在t_3瞬时　$\omega t_3=90°+240°=330°$　由式（1—5）可得：

$$\begin{cases} i_A = -\frac{I_m}{2} \\ i_B = -\frac{I_m}{2} \\ i_C = I_m \end{cases}$$

此时三相绕组中电流的流向及其合成磁场的方向如图1－2－5（C）。合成磁场的中心线移到CZ线圈的轴线位置。

由此可见，当随时间周期地交变的三相交流电通入三相对称绕组，它产生的合成磁场中心线也不停地沿着定子内圆转动，就两极电机而言，相当于一对磁极在定子内圆旋转，称之为旋转磁场。旋转磁场具有以下的特点。

一、旋转磁场磁势的大小

三相绕组通电后，每相绕组所产生的磁势大小，与绕组中电流的大小成正比。在任何瞬时 t，由公式（1－5），三相绕组的电流分别为：

$$i_A = I_m \sin\omega t$$

$$i_B = I_m \sin(\omega t - 120°)$$

$$i_C = I_m \mathrm{sim}(\omega t - 240°)$$

那末它们分别在三相绕组中产生的磁势是：

$$\left.\begin{aligned} F_A &= F_m \sin\omega t \\ F_B &= F_m \sin(\omega t - 120°) \\ F_C &= F_m \sin(\omega t - 240°) \end{aligned}\right\} \quad (1-6)$$

如图1-2-6所示，我们以F_A为基准，三相绕组的合成磁势F为：

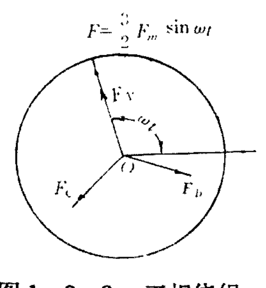


图1-2-6　三相绕组的合成磁势

$$
\begin{aligned}
F &= F_A + F_B\cos 120^\circ + F_C\cos 240^\circ \\
&= F_m\sin\omega t + F_m\sin(\omega t - 120^\circ)\cos 120^\circ + F_m\sin(\omega t - 240^\circ)\cos 240^\circ \\
&= F_m\sin\omega t + F_m\sin(\omega t + 60^\circ)\cos 60^\circ + F_m\sin(\omega t - 60^\circ)\cos 60。
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
F &= F_m\sin\omega t + F_m\cos 60^\circ [\sin(\omega t + 60^\circ) + \sin(\omega t - 60^\circ)] \\
&= F_m\sin\omega t + F_m\cos 60^\circ [2\sin\omega t\cos 60^\circ] \\
&= F_m\sin\omega t + \frac{1}{2}F_m\mathrm{sim}\,\omega t \\
&= \frac{3}{2}F_m\sin\omega t \qquad (1-7)
\end{aligned}
$$

因此，对称三相电流通入对称三相绕组中产生的合成旋转磁场为圆形旋转磁场，磁势的大小（圆形之半径）等于$\frac{3}{2}F_m$，磁场旋转角速度为w。

二、旋转磁场的旋转方向

由图1-2-4可见，三相电流周期地变化着，其变化顺序是A相先达最大值，接着是B相达最大值，最后是C相达最大值。这种变化的顺序A→B→C称为相序。我们从图1-2-5（a）、(b)、（c）可见，旋转磁势的中心线也是按相序A→B→C旋转的。可以说旋转磁场的旋转方向与相序是一致的。如果把定子绕组接至电源的三条线中任意两条对调，例如将B、C两根对调，相序变成A→C→B，则旋转磁场的方向亦为A→C→B，即以相反方向旋转。在实际生产

中，我们就是用调换三相电机中任意两相电源接头的方法，来达到改变电动机旋转方向的目的。

三、旋转磁场的旋转速度

从图1-2-4和图1-2-5可见，在二极电机中，电流变化了一个周期，磁场便转了一周，即360°空间角度，也就是说，磁场移动了一对磁极的距离。4极、6极等异步电机旋转磁场原理也相同。不过这时一对磁极距离的空间角度不是360°。例如4极（2对极），每对极距离在空间只有180°，当电流变化一周，旋转磁场在空间只移动180°，即半个圆周。因此，在一对磁极的电动机中，电流每秒钟变化f次，磁场每秒也转f转，磁场每分钟转速就是60f。若电动机是二对极的，电流每变化一周，磁转只转1/2转。以n_1表示旋转磁场每分钟的转速，则在一对极电动机中，$n_1=60f$转/分。

在二对极时，$n_1=\frac{60f}{2}$转／分。若以P表示极对数，则

$$n_1=\frac{60f}{P}\text{转／分} \qquad (1-8)$$

式中：n_1——旋转磁场每分钟转速，亦称同步速；

f——交流电频率；

P——极对数。

我国工业电源标准频率为$f=50$周/秒，可得出电动机极对数与同步转速n_1的关系如下表1—1。

表1—1　电机极对数与同步转速关系（$f=50$赫）

电机极对数（P）	1	2	3	4	5	6
同步转速n_1（转/分）	3000	1500	1000	750	600	500

§1·2—2 三相异步电动机的工作原理

如图1—2—7所示，当旋转磁场以同步速n_1在空间按顺时针方向旋转时，转子相对磁场具有相反方向的速度n_1，使得转子导体切割磁力线而产生感应电势和电流。根据右手定则，转子导体上产生的电势的方向，在N极下面是从纸面出来⊙；在S极下面是进入纸面⊗。由于转子为自行短路的鼠笼转子，在转子导体中的电流方向基本与感应电势的方向相同。转子导体中感应电流与旋转磁场相互作用，便产生电磁力F，其方向可用左手定则确定。这个电磁力对转子轴形成电磁力矩M，推动转子以速度n顺着n_1的方向旋转，见图1—2—7。

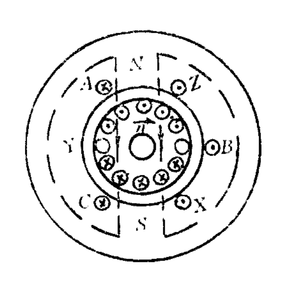


图1-2-7 三相异步电动机转动原理图

特别要强调指出的是：不是定子的旋转磁场吸引着转子旋转，而是电磁力矩推动转子旋转。如果一旦$n=n_1$，则二者之间没有相对运动，转子导体便不可能切割定子旋转磁场，因而转子导体内便没有感应电流产生，电磁力矩便为零。但是电动机即使在无外加机械负载的情况下（即空载运行时），它本身的风扇和轴承也有一定的摩擦阻力矩，迫使转子减速，一旦转子的转速低于同步速后，转子导体又切割定子磁场产生电磁力矩推动它继续旋转。因此转子的转速n是永远低于定子旋转磁场的同步速n_1的。所以，这种电机称为异步电动机。n_1与n之差（n_1-n)称为转差，通常用n_1的

百分率表示，称为转差率：

$$转差率S=\frac{n_1-n}{n_1}\times 100\% \qquad (1-9)$$

转差率S在分析异步电动机运行情况时，有着重要的意义。对于一般中、小型异步电动机，额定负载下的转差率约为2－7％。

这种电动机的转子电流是由电磁感应所产生的，因此异步电动机又称感应电动机。

§1·2—3 三相异步电动机的M—S曲线

异步电动机转矩M和转差率S的关系曲线，称为M—S曲线。它是异步电动机的最基本特性。其形状如图1-2-8所示。

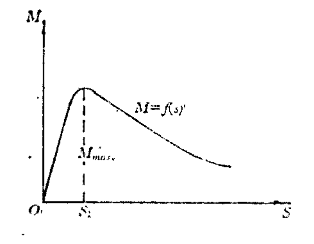


图1－2－8 异步电动机转矩M和转差率S关系

由电机学可知，异步电动机的电磁转矩M可用下式表示：

$$M=C_M V^2\frac{SR_2}{R_2^2+(SX_{20})^2} \qquad (1-10)$$

式中：C_M——转矩系数，视电机结构而定；

V——外加电压；

R_2——转子电阻；

X_{20}——转子不动时的感抗。

从图1-2-8可知，M—S曲线可分成$0<S<S_k$和$S>S_k$两部分。一般外加电压及V频率f不变，当在$0<S<S_k$范围

时，S很小，所以$SX_{20}\ll R_2$，略去$(SX_{20})^2$，这时M近似随S成正比增加。随着S大，SX_{20}的值也逐渐增大可与R_2的值相比较，公式中的分母将随S增大而增大。此时M随S增加的速度变慢。当$S=S_k$时，M达最大力矩M_{max}。在$S>S_k$部分，SX_{20}值将比R_2值大得多，甚至R_2^2与$(SX_{20})^2$相比可略去不计。这样M将随S的增加反而减少。在M—S曲线中，$0<S<S_k$部分为异步电动机的稳定运行区，$S>S_k$为不稳定运行区。

第三节　单相异步电动机的工作原理

§1·3—1　单相绕组的脉振磁场

如上节所述，三相绕组通入三相交流电将产生旋转磁场，这也是三相异步电动机工作的基础。那末，我们如果在图1-3-1的单相绕组中通入单相交流电又将会产生什么样的磁场呢？如图1-3-2所示，将会产生一个强弱和正负不断变化的交变脉动磁势F，它可以分解为两个大小相等、旋转速度相同而旋转方向相反的两个旋转磁势F_+和F_-，且$F_+=F_-=\frac{1}{2}F$，如图1-3-3所示。

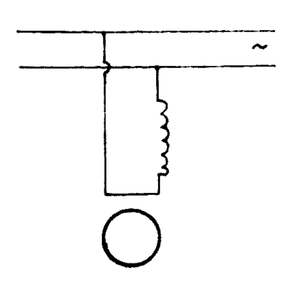


图1-3-1　单相电机主绕组示意图

在图1-3-3中，从五个不同的瞬间可以清楚地看到：当脉振磁势的幅值为最大时，两个旋转磁势正好转到互

相重合的位置，脉振磁势的幅值为两个旋转磁势向量的代数和，如图1-3-3(a)。当脉振磁势幅值减小时，两个旋转磁势就互相离开，此时脉振磁势的幅值为两个旋转磁势向量的矢量和，如图1-3-3(b)。而当脉振磁势幅值为零时，两个旋转磁势恰好转到相反的位置，旋转磁势相互抵消，如图1-3-3(c)。当脉振磁势为负值时，两个旋转磁势的方向倒转。如图1-3-3(d)。显然图1-3-3清楚地说明了：一个脉振磁势是可以分解成大小相等、转向相反的两个圆形旋转磁势。这个重要结论是我们分析单

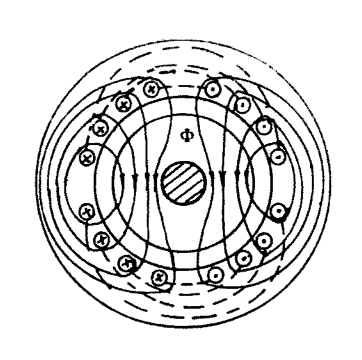


图1-3-2 单相电机的定子磁场

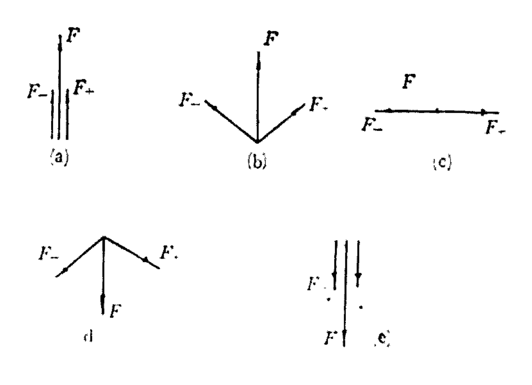


图1-3-3 交变脉振磁场可以分解为两个反向旋转磁场

相电机工作原理的基础。

既然单相绕组产生的脉振磁势可以分解为两个大小相等、转向相反的旋转磁势。我们可以把图1-3-1所示单相绕组看成图1-3-4所示由两套三相绕组串联而成。这两套三相绕组完全一样，并且流过同一电流，因而它们产生的旋转磁势幅值相等。但由于这两套绕组的相序不同，所以产生的旋转磁势转向相反。

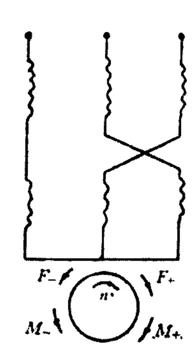


图1-3-4　两套三相绕组串联成的单相绕组

如果上面一套三相绕组所产生的磁势 F_+ 与转子同方向旋转，称它为正序。和普通三相异步电动机一样，正序旋转磁场切割转子导体在其中产生感应电势、电流，从而产生正序转矩M_+ 使转子企图顺着正序磁场方向旋转，下面一套三相绕组所产生的磁势F_-与转子反方向旋转，称它为负序。同样，负序旋转磁场切割转子导体也在其中产生感应电势、电流，从而产生负序转矩M_- 企图使转子顺着负序磁场的方向旋转。因此正、负序转矩M_+与M_-的方向是相反的。互相抵消掉一部分，剩下来的才是电动机所能产生的有效转矩。

如果转子转速为n，它与正序磁场同方向旋转，因此正序系统的转差率为

$$S_+ = \frac{n_1 - n}{n_1} = S \qquad (1-11)$$

而负序磁转与转子转向相反，因此负序系统的转差率为

$$S_{-}=\frac{n_1+n}{n_1}=\frac{2n_1-(n_1-n)}{n_1}=2-S \quad (1-12)$$

在图1-3-4中，上面一套三相绕组与转子组成一台正序系统的三相异步电动机，如同正常运行的三相异步电机一样，所以M_{+}—S_{+}曲线的形状与M—S曲线相似（图1-3-5）。在图1-3-4中，下面一套三相绕组与转子组成一台负序系统的三相异步电动机，产生负序转矩M_{-}。负序与正序的差别主要是磁场反方向旋转。所以，只要将正序的M_{+}—S_{+}曲线转过180°，便得到负序系统的M_{-}—S_{-}曲线(图1-3-5)，将M_{+}和M_{-}合成起来便是单相异步电动机所能产生的总转矩M。

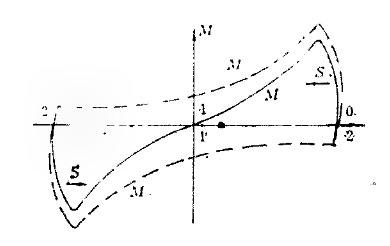


图1—3—5　单相电动机的转矩与转差率关系

从图1-3-5中曲线可看出，当转子没有转动时，即n＝0（$S=1$）时，合成转矩为零，转子不能自行起动。所以单相绕组的异步电动机是没有起动转矩的，如果不采取其它措施，它不会自行起动的。

但是，如果转子一经起动，则不论正向旋转或反向旋转，转矩都逐渐增加，电机将按外力作用方向达到稳定转速。

从图中还可以看出，不论在起动或运行过程中，单相异步电动机始终存在着一个反力矩，使得合成的总力矩比只有单一旋转磁场的三相电动机为小，因此，它的效率、功率因

数、过载能力都比三相电动机差。

§1·3—2 两相绕组的磁势

如上节所述，单相绕组产生的是一个脉振磁势，因而起动转矩为零，不能自行起动，那么，通入单相交流电以后，为什么会转动起来呢？这就需要想办法使单相电动机起动时产生旋转磁场。因此，一般的单相异步电动机（除罩极式外）都采用两套绕组：一个是工作绕组（主绕组）m，另一个是与工作绕组在空间相隔90°电角度的起动绕组（副绕组）a，并且使两个绕组中的电流在时间上也不同相，譬如在起动绕组中串入适当的电容即可达到，最好使两个绕组中的电流互差90°，图1-3-6为其接线图。这样，就能产生一个旋转磁场使单相电动机旋转起来了。电机转动起来之后再把起动绕组断开，仅仅是工作绕组工作了（电容运转式单相电动机运转时起动绕组不断开，也进行工作）。

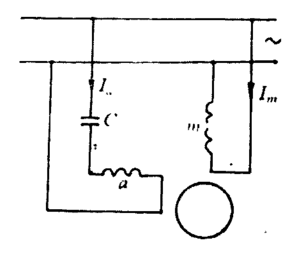
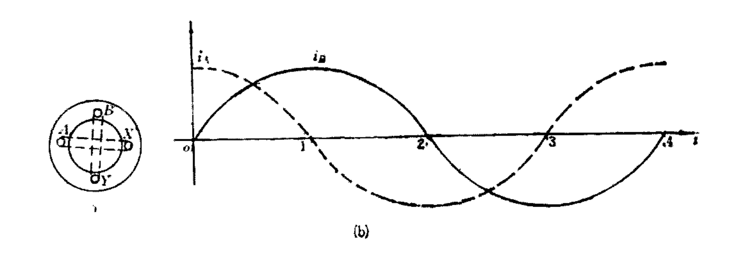


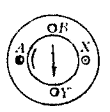
图1-3-6 两相绕组接线图

下面我们就来具体讨论一下为什么在空间相隔90°电角度的两个绕组，通入相位上互差90°的两个电流后，能够产生旋转磁场？我们用图1-3-7来加以说明。

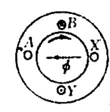
图1-3-7（a）表示两相绕组的位置，它们在空间互差90°；图1-3-7（b）表示两个电流i_A与i_B在相位上互差90°；将i_A通入绕组A－X，将i_B通入绕组B－Y。A、B是绕组的首端，X、Y是绕组的末端；正电流从绕组的首端流入，负电流从绕组的末端流入。图1-3-7（c）



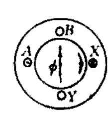
(b)



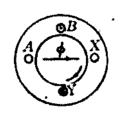
时间为"0"时，iA为正最大值，从A流入，X流出，iB为零产生磁场向下。



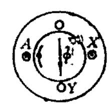
时间为"1"时，iA为零iB为正最大值，从B流入，y流出，产生磁场向左。



时间为"2"时iA为负最大值，从X流入，A流出，iB为零，产生磁场向上



时间为"3"时，iA为零iB为负最大值，从y流入，B流出，产生磁场向右



时间为"4"时与时间为"0"时完全一样，磁场向下

（C）两相旋转磁场的分析

图 1-3-7　两相绕组产生的两相旋转磁场

是两相旋转磁场的分析，为了作图方便起见，只作出0、1、2、3、4几个时刻的磁场情况，磁场用φ表示。其分析方法与前面分析三相旋转磁场方法同。

由图1-3-7可见，当电流变化一周期时，磁场旋转一周，这与前述三相两极旋转磁场情况相同。

上面说的是两个在空间互差90°电角度的绕组，通入相

位上互差90°的两个电流能产生一个旋转磁场；实际上两个在空间上有一角度差的绕组，通入有一定相位差的两个电流后，也能产生旋转磁场。但不是圆形旋转磁场，而是椭圆形旋转磁场，使电机损耗增加，效率降低，振动和噪音也增大，起动性能变坏。因此，我们应尽量使两绕组在空间上相差90°电角度，两绕组电流在相位上接近90°相角差。

第四节　单相异步电动机的结构

和三相异步电动机一样，单相异步电动机主要由定子和转子构成，另外还特有起动装置。

§1·4—1　定子

单相异步电动机的定子结构有两种形式：

（1）容量较大的单相异步电动机的定子铁心也是同三相异步电动机一样由硅钢片冲槽迭成。在国外此类电机的铁芯冲片已普遍采用无硅低碳电工钢片，性能要求较高的产品则用无取向冷轧硅钢片，我国目前仍多采用热轧硅钢片，片厚多用0.35或0.5毫米。

铁芯槽内嵌有用漆包线绕制成的主、副两套绕组，两套绕组的中轴线应错开一定的电角度。

（2）容量较小的单相异步电动机则制成凸极形状的铁芯，磁极的一部分被短路环罩住，凸极上绕有集中式绕组。

§1·4—2　转子

单相异步电动机的转子一般都是鼠笼式转子，它是将冲有齿槽的转子冲片经迭装并压入转轴后，在转子的每个槽内铸入铝或铝合金制成。

为了消除噪声，鼠笼转子大多采用斜槽。一般转子导条

的两端斜过一个定子齿距t,如图 1-4-1 所示,此时,当转子导条切割定子齿谐波磁场时,则导条abc的下半段ab与上半段bc分别切割磁谐波的S极和N极,所以ab段和bc段的感应电势大小相等方向相反。致使整个导条中的感应电势为零。不会产生感应电流。因此,定子齿谐波引起的附加力矩几乎为零。

单相异步电动机定、转子间的气隙很小,根据目前的工艺水平,单相异步电动机的空气隙一般在0.2～0.3毫米之间。罩极式电动机的气隙较大,一般为0.3～0.4毫米。

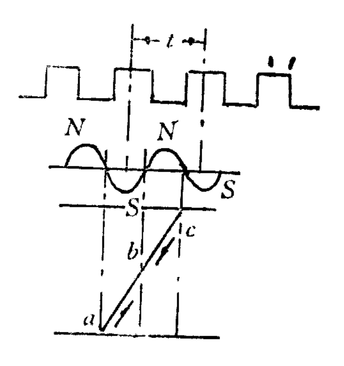


图 1-4-1 转子斜槽消除齿谐波影响

和三相异步电动机一样,如果定子与转子槽数配合不当,则将造成起动困难,甚至使电机不能起动。并会引起较大的噪声。目前国内生产的单相电动机常采用的定子与转子槽数的配合情况见表 1—2。

表 1—2 常用的定、转子槽配合

极 数	定子槽数	转子槽数
2	12	15, 8
2	18	15, 12
2	24	18, 27, 28, 31
4	24	18, 22, 30
4	36	34

§ 1·4—3 起动装置

除罩极电动机和电容运转式电动机外,一般单相异步电动机在起动结束后起动绕组必须脱离电源,以免烧坏。因

此，就需要有相应的起动装置。起动装置一般串联在电动机起动绕组回路中。它的作用是在电动机起动完毕后，切断起动绕组的电流。具体的起动装置及起动方法将在下章讨论。

第五节　单相异步电动机的容量等级和额定值

§1·5—1　容量等级

由于单相异步电动机与同容量的三相异步电动机相比较，各项经济性能指标都较差，因而，它只做成小容量的。其容量等级见表1—3。

表1—3　　单相异步电动机的容量等级表

机座号	铁芯代号	BO系列		CO系列		DO系列	
		2极	4极	2极	4极	2极	4极
		额定功率（瓦）		额定功率（瓦）		额定功率（瓦）	
80	2			750	750		
	1				550		
71	2		370	550	370		
	1		250	370	250		
63	3		180	250	180		180
	2		120	180	120		
	1		90			180	120
56	2		60			120	90
	1		40			90	60
50	2					60	40
	1					40	25
45	2					25	15
	1					15	8

表中BO系列为单相电阻起动式电动机，CO系列为单相电容起动式电动机，DO系列为单相电容式电动机。

表中的机座号是用中心高来表示的，如表1—3中机座号为56，就表示电动机转轴中心到底脚平面的距离（即中心

高）为56毫米。每一机座号有两种或三种不同长度的铁芯。用代号1、2或1、2、3表示。

§1·5—2 额定值

我们选用单相异步电动机的主要依据是其额定技术指标，也就是额定值，其中多数指标通常都清楚地标志在电机的铭牌上。单相异步电动机的额定值主要有下列几项：

（1）额定功率（瓦）P_N：系电机在额定运行时转轴的机械输出功率，对于输入功率较小的电动机，为便于用户选用，按习惯也可用输出转矩（牛顿或克力·厘米）表示。

（2）额定电压（伏）V_N：指电机在正常运行时，定子绕组应接的电源电压，这类电机一般都用220伏，有些出口产品也有用110伏。

（3）额定频率（赫）f_N：即交流电源的频率，我国电力网的频率规定为50赫，有的出口产品为60赫。

（4）额定转速（转/分）n_N：表示电动机在额定电压、频率和功率下运行的速度。一般略低于同步速。

（5）额定电流（安）I_N：指电机在额定条件下运行时定子绕组的输入电流。

（6）效率（%）η：指电机在额定运行时输出功率与输入功率的比值。

（7）绝缘等级：我国家用电器用电机的绕组绝大多数采用E级绝缘，其极限工作温度为120℃。

（8）其它指标：有些经过特殊设计或供特殊使用的专用电机，铭牌上还要标明有关的技术指标，如起动电流及转矩、最大转矩或其倍数、工作方式（连续、短路或断续周期运行）、环境条件、功率因数以及绕组接线方式等。对于电容电动机，则需同时标明所用电容的容量及工作电压。

第二章　单相电动机的主要类型及起动方法

由前述可知，单相异步电动机不能自行起动，但起动后即可继续运行。为了产生起动转矩，采用了各种不同的办法。因此，根据所采用的起动方法不同而分类，常用的有以下几种类型：

1、分相电动机。

2、电容电动机，它又可分为：

（1）电容起动式电动机。

（2）电容运转式电动机。

（3）电容起动与电容运转式电动机。

3、罩极电动机。

下面我们将分别介绍。

第一节　分相电动机

§2·1—1　分相电动机的结构

分相电动机的转子为鼠笼式，定子采用齿槽式，如图2—1—1所示，定子上有二套绕组，工作绕组匝数较多，并用较粗的导线绕制，置于槽的下层，起动绕组匝数较少，用较细的导线绕成，置于槽的上层。这是因为起动绕组的电流

密度很大，起动绕组易损坏，而且起动装置有时也会发生故障，我们将起动绕组放在上面维修也较方便。工作绕组与起动绕组在空间位置相差90°电角度，在一般情况下，工作绕组占定子总槽数的2/3，起动绕组占定子槽数的1/3。

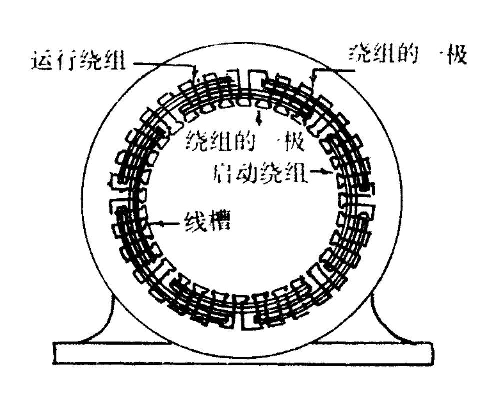


图2－1－1　分相式电动机工作绕组与起动绕组的布置

分相电动机的起动绕组只允许在电动机起动过程中接入电路，所以，当电动机达到70～80%的额定转速时，其起动绕组便通过离心式起动开关自动从电路中断开。图2－1－2为离心式开关结构示意图。

离心式开关包括固定部分和旋转部分，固定部分装在前端盖内，旋转部分则装在转轴上。其工作原理如图2－1－3所示，当电动机静止时，开关固定部分上的两个触头受旋转部分的弹簧压力而闭合，接通起动绕组，如图2－1－3（a）所示；待电动机起动后，转速达额定转速的70—80%时，转动部分的离心力大于弹簧压力，开关上的触头便自行离开，切断起动绕组的电源，如图2－1－3（b）所示。

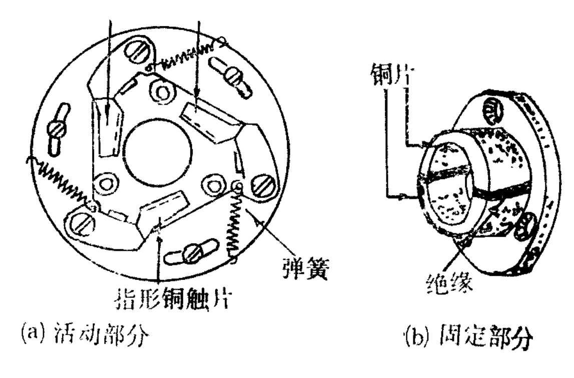
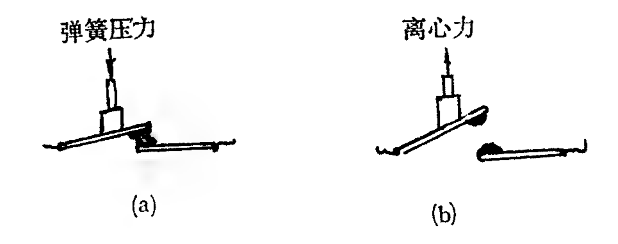


图 2-1-2　离心开关结构图



（a）电机静止时触头闭合　　（b）电机运行时触头断开

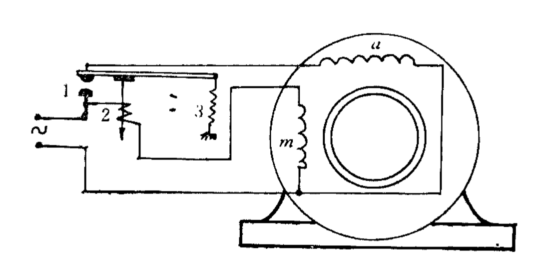
图 2-1-3　离心开关工作原理图

离心开关结构较复杂，容易产生故障，又安放在电机端盖内，不便于维修，同时还使电机轴向长度增大。当离心开关发生故障，或电动机由于严重过载而引起转速低于额定值70%时，离心开关将长期处于闭合状态，若起动绕组接入电路超过一定时间，将使起动绕组过热而烧毁。因此现在已不生产离心式开关，一般采用起动继电器。即使原来采用离心

式开关的老式分相电机，有的也改装起动继电器来代替。起动继电器一般装在电动机机壳上面。经常采用的起动继电器有以下三种类型：

（1）电流型起动继电器　其接线原理见图2-1-4，常开触头（无外力作用时为断开状态之触头）1串联在起动绕组电路中，继电器的电流线圈2与工作绕组串联。当电动机起动时，比额定电流大几倍的起动电流经继电器线圈，使继电器的铁芯产生足够大的电磁力，使触头1闭合，接通起动绕组，电动机起动。转速上升，电流减少。当转速上升到额定值的70～80%时，电流线圈2产生的电磁力不足以维持触头的闭合，触头1断开，切除起动绕组电源。

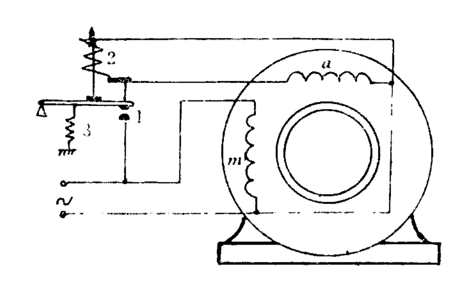
（2）电压型起动继电器　其接线原理见图2-1-5，常闭触头（无外力作用时为闭合状态之触头）1串联在



1—常开触头　2—电流型圈　3—弹簧　m—主绕组
a—副绕组

图2-1-4　电流起动继电器接线图

起动绕组a的电路中，电压线圈2跨接在起动绕组a上。当外施单相交流电源时，工作绕组和起动绕组中都有电流流过，电动机即行起动。电压线圈2的阻抗比起动绕组的阻抗大，所以在电动机低速时，电压线圈中的电流很小。当电动机的

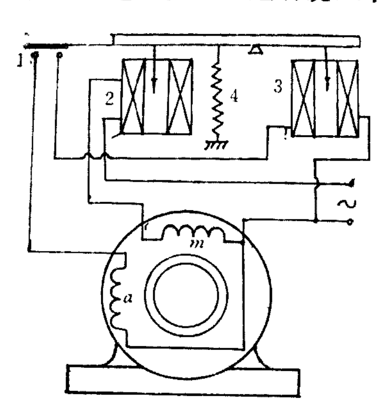


1—常闭触头　2—电压线圈　3—弹簧
m—主绕组　　a—副绕组

图 2-1-5　电压型起动继电器接线图

转速逐渐升高时，起动绕组中的反电势逐渐增大，使电压线圈2中的电流也逐渐增大，当增大到一定数值时（相当于电动机转速达到额定转速70～80%时），其电磁力克服弹簧3的拉力使触头1断开，切除起动绕组的电源。由于起动绕组中的感应电势，使电压线圈中继续有电流流过，保持触头1在断开状态。保证起动绕组在电动机正常运行时不接入电源。

（3）差动型起动继电器　电压和电流两种继电器虽然结构上比较简单，但有时会产生误动作，因此。在实践中又出现了差动型继电器，其接线图如图2-1-6所示。



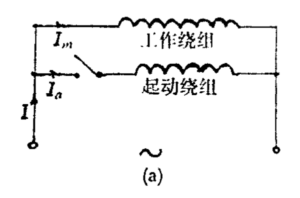
1—常闭触头 2—电流线圈 3—电压线圈 4—弹簧 m—主绕组 a—副绕组

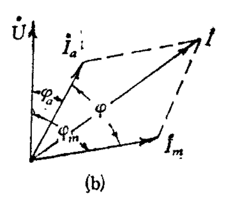
图 2-1-6　差型动起动继电器接线示意图

差动型起动继电器的常闭触头1串联在起动绕组电路中，接通起动绕组。当电动机起动时，电流线圈2中的电流很大，可保证触头1可靠地闭合。起动以后，电流逐步减少，电流线圈2产生的电磁力减小，于是电压线圈3的作用力使触头1断开，切除起动绕组的电源。

§2·1—2　分相电动机的工作原理

单相分相电动机也叫单相电阻起动异步电动机。它的定子铁心上有两套绕组，工作绕组与起动绕组。两绕组在空间上相差90°电角，如图2-1-7所示。在起动时为了使起动绕组电流I_a与工作绕组电流I_m在时间上产生相位差。通常在起动绕组回路中串联电阻或增大起动绕组本身电阻的方法，而使I_a与I_m间产生相位差。





（a）起动原理图　　　（b）电流向量图

图2-1-7　电阻分相电动机原理接线图和向量图

图2-1-7（a）是起动绕组有较大电阻的电阻分相电机接线图。从图2-1-7（b）的向量图可以看出，由于起动绕组回路电阻对电抗的比值较大，所以起动绕组电流I_a落后电压V的相角φ_a就比较小；而工作绕组电阻对电抗的比值较小，所以工作绕组电流I_m落后电压V的相角φ_m就比较大。这样，在I_a与I_m之间出现了一定的相位差，形成了两相电

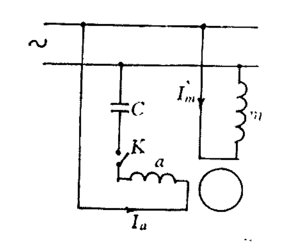
流。但从图2-1-7(b)可以看出，I_a与I_m之间的相位差($\varphi_m-\varphi_a$)永远小于90°。为了使起动绕组得到较高的电阻对电抗比，起动绕组可采用较细的导线，或采用电阻率较高的铝线，以增大电阻。甚至在某种情况下，也有将起动绕组部分线圈反绕的方法来增大电阻。

尽管I_a与I_m这两个电流的相位差φ不能达到90°，但是，当其相位差φ足够大时，就能产生和两相电流性质类似的旋转磁场，从而使转子转动起来了。

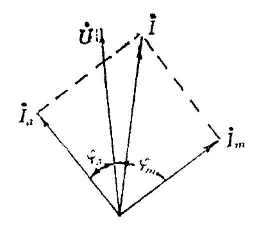
第二节　电容式电动机

§2·2—1　电容式电动机的工作原理

电容式电动机的结构与分相式电动机基本相同，但在起动绕组回路中串有电容器。电容式电动机的原理接线图和向量图如图2-2-1所示。



(a)原理接线图



(b)电流向量图

图2-2-1　电容式电动机的原理接线图和向量图

在图2-2-1中，m为工作绕组，a为起动绕组，C为电容器。当接入单相交流电源时，由于起动绕组回路中串入了电容器C，并且起动绕组和工作绕组接于同一电源上，则

起动绕组的电流I_a要超前电源电压V一个角度φ_a，而运行绕组中的电流I_m滞后于电源电压V一个角度φ_m，也就是说起动绕组电流I_a超前运行绕组电流I_m一个角度 φ，显然 $\varphi = \varphi_m + \varphi_a$，见图2-2-1（b）。

只要电动机的起动绕组和工作绕组的参数设计得恰当，起动电容又选择得合适，就可以使I_a超前I_m十分接近90°，从而在电机气隙中获得圆形旋转磁场。这时负序磁场几乎为零，因此其性能优于分相式电动机。

§2·2—2 电容式电动机的分类及其特点

按照电容器的接法和使用情况不同，电容式电动机可分为以下三种：

1、电容起动式电动机。

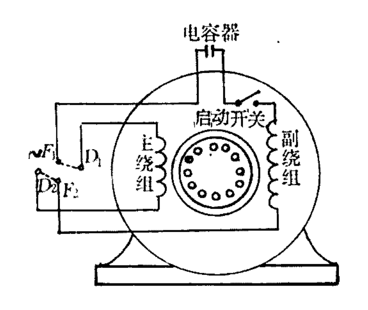


图2-2-2 电容起动式电动机

如图2-2-2所示，起动电容器一般装在机座顶上，电容器通过起动装置接入起动绕组、两绕组的出线端为D_1、D_2、F_1、F_2改变电机转向只需把F_1及F_2对调即可。当转速达到额定值的70～80%时，离心开关动作，切断起动绕组。这类电动机的工作绕组占定子总槽数的2/3～3/4，其余槽中放置起动绕组。

在这种电机中，由于电容器只在短暂的起动时间内起作用，通电时间短（一般仅数秒钟），故可采用电容量较大、价格较廉的电解质电容器。为了加大起动转矩，其电容量也可适当选择得较大。

2、电容运转式电动机。

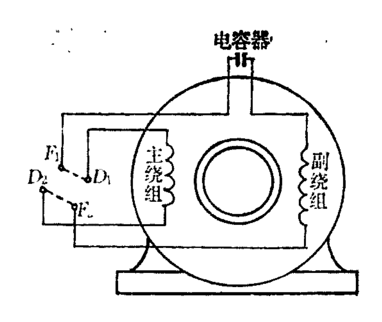


图2-2-3　电容运转式电动机

如图2-2-3所示，电容运转式电动机外形和电容起动式电动机相同，但电容器与起动绕组中无起动装置。因此，电容器与起动绕组在电动机运行时亦通电工作。因此要求这种电容器能长期耐较高的交流电压（电容器的端电压常高于外加电压）。必须采用价格较贵的纸介质电容器或油浸纸介质电容器，决不能采用电解质电容器。

由于电动机在运行中，有两个在空间相差90°电角度的绕组同时工作；因此，它实际上是一台两相异步电动机，只是工作绕组 m 与起动绕组a不相同（绕组的匝数和线径不相等），其端电压也不相等。为两相不对称绕组。但在这种两相电动机中，如果起动绕组的匝数和电容器的电容量配置恰当，也能在电动机的气隙中建立圆形旋转磁场，即将负序磁场大大削弱，从而使电动机的运行性能改善。

此外，电容运转式电动机省去了起动装置，简化了电动机的结构，降低了成本，提高了运行的可靠性。

由于起动绕组也参加工作，因此，在同样的材料下，这种电动机可以获得较大的功率。

但是，由于电容器在电动机工作时也投入运行。因此要根据电动机的运行性能来选择电容器的容量。一般电容量选得较小，所以其起动力矩较电容起动式电动机为小。

电容运转式电动机的工作绕组与起动绕组各占定子槽数的一半。

3、电容起动电容运转式电动机。

如图2-2-4所示，这种电动机是电容起动电动机和电容运转式电动机的组合，起动绕组通过运行电容C_1与电路接通，并通过离心式开关与容量较大的起动电容C_2相并联。

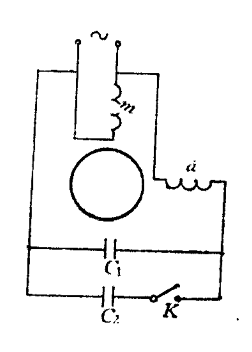


图2-2-4　电容起动与电容运转式电动机

当接通单相电源时，两个电容器C_1和C_2都串接在起动绕组回路中，电动机便开始起动，电动机起动后，当转速达到额定转速的70～80%时，离心开关K便将起动电容C_2切除，而运行电容C_1则继续留在电路中运行。

这种电动机既具有电容起动式电动机起动转矩大的优点，又具有电容运转式电动机性能良好的优点。

显然，这种电机需要使用两个电容器，又装有起动装置，因此结构较复杂，同时也增加了成本。

要使电动机在起动和运转时得到两种不同的电容量，除采用上述方法外。还可以利用一个自藕变压器和一个电容器组合。如图2-2-5所示。

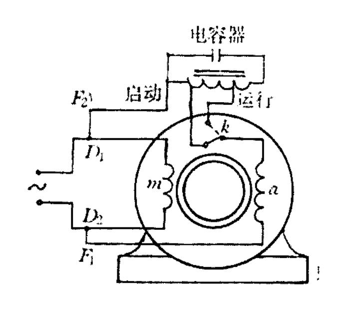


图2-2-5　电容器和自藕变压器组合

起动时，在电容器上加以较高的电压，由于等效电容与电压的平方成比例，使电容器的容量比运转时大4～9倍。这种电动机的离心开关是双掷式的，电动机起动后，离心开关接至K点，降低了电容器的电压和等效容量，以适应运行时的要求。

4、电容器的选择。

电容起动式电动机的电容只在起动瞬间工作，接电时间一般仅为数秒钟，故可用体积小、容量大、价廉的电解电容。电容运转式电动机在运行中电容器也接电工作，必须使用纸介电容或油浸式电容，而不能采用漏电大，且有极性的电解电容。

电容式电动机的起动电容器和运行电容器的电容值的计算不仅繁杂，而且难于准确，往往计算出来的电容值还得在电动机的试运行中加以调整、修正。对于维修电工来说，当电容器损坏后，应按厂家所配电容器的规格进行更换。如果原来所配电容器遗失，则可参照同类型的电动机选用电容器。

表2—1及表2—2列出的是新系列CO型、旧系列JY型电容起动式电机的电容值。表2—3及表2—4是新系列DO型、旧系列JX型电容运转式电机的电容值。仅供我们选用时参考。

表2—1　CO系列电容起动式电动机电容值

电动机功率（瓦）	120	180		250	370	550	750
极　　数	2,4	2	4	2,4	2,4	2,4	2,4
起动电容值（微法）	75	75	100	100	100	150	200

表2—2　JY系列电容起动式电动机电容值

电动机功率（瓦）	180		250		400		600	800
极　　数	2	4	2	4	2	4	4	4
起动电容值（微法）	150	150	150	200	200	200	400	400

表2—3　DO系列电容运转式电动机电容值

电动机功率（瓦）	8	15		25		40		60		90		120		180	
极　　数	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
运行电容值（微法）	1	1	1	1	2	2	2	2	4	4	4	4	4	6	6

表2—4　JX系列电容运转式电动机电容值

电动机功率（瓦）	4	8		15		25		40		60		90
极　　数	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2
运行电容值（微法）	1	0.75	1	1	1.5	1.5	2.5	2	6	6	8	10

如果发现电动机的起动转矩偏小，则可适当增大电容器的电容量。若发现起动电流太大，可适当增加起动绕组的匝数并同时减少电容器的电容量。如果发现电容器所承受的电压较高，则应增大电容器的电容量。

第三节　罩极电动机

§2·3—1　罩极电动机的结构

罩极电动机是单相异步电动机中结构最简单的一种，它主要由定子（或磁场框）和转子两大部分构成。其结构示意图见2-3-1。

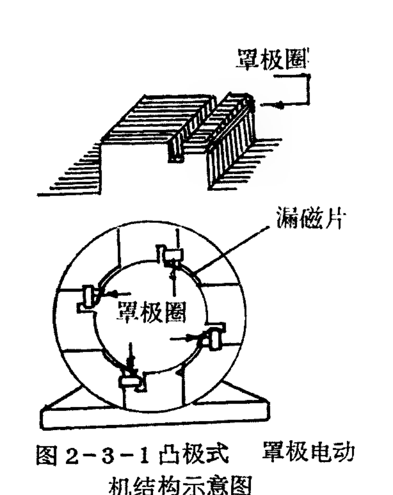


图 2-3-1 凸极式　罩极电动机结构示意图

罩极电动机的转子为鼠笼式，在硅钢片转子铁心槽中铸有铝质鼠笼绕组。功率甚微的电动机，则用圆钢制成整体转子。

罩极电动机的定子由硅钢片迭压而成。定子有凸极式和隐极式（齿槽式）两种。

1、凸极式定子。

容量较小的罩极电动机采用凸极式定子，如图2-3-1所示。凸极上装有集中式主绕组，每个磁极的极掌开有小槽，在小槽中嵌有短路铜环。罩住磁极的1/2～1/3。这个短路铜环叫做罩极线圈。在磁极间装有导磁的薄钢片，称为漏磁片（或称瓦形楔）。是用来减少气隙中磁场分布曲线畸变的。

2、齿槽式定子。

功率较大的罩极电动机常采用齿槽式定子，其绕组为分布式，在部分线槽内同时嵌入几匝用粗铜线绕成的自成短路罩极线圈。不少旧式吊扇和鼓风机采用这种结构。图2-3-2为24槽四极齿槽式定子罩极电动机线圈在槽中分布图。

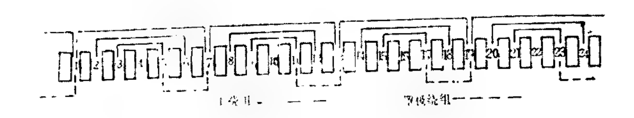


图 2-3-2　四极24槽齿槽式定子分布绕组罩极电机线圈分布图

罩极绕组所分布的槽数约为总槽数的1/3。

3、罩极电动机的其它型式。

罩极式电动机除了上述两种常见的型式外，还有下列几种型式：

（1）框形定子式罩极电动机。

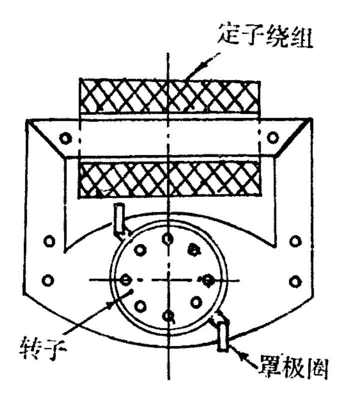


图2-3-3　框形定子式罩极电动机

这种定子只用于2极小功率电机中，其结构如图2-3-3所示。定子只有一个绕组，转子可以是鼠笼式或金属圆盘(铝、铜或钢)。此结构常用于电唱机、电钟中。

（2）圆盘型罩极电动机。

这种电动机只有一个铜或铝的圆盘，其结构如图2-3-4所示。这种型式的

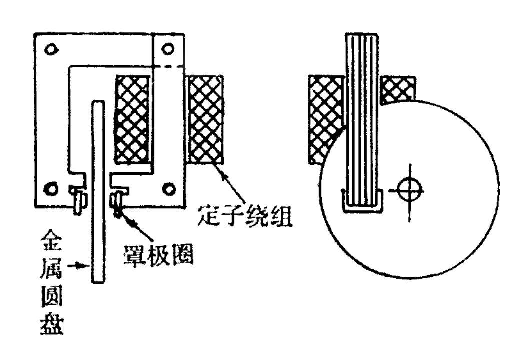
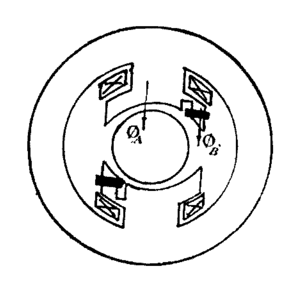


图2-3-4　圆盘形罩极电动机

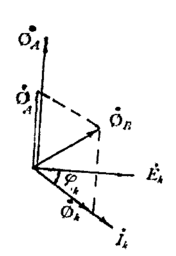
电动机气隙很大，而且转子中没有铁的部分，因此它的转矩很小。这种结构我们在电度表中可以见到。

§2·3—2 罩极电动机的工作原理

以凸极式为例来说明罩极电动机的工作原理，如图2-3-5（a）所示。每个极上有集中式的主绕组。极面的一



（a）结构示意图



（b）磁通向量图

图2-3-5 罩极电动机的工作原理

边约1/3处开有小槽，槽中放着短路铜环将磁极罩了起来。

当主绕组接上单相交流电后，将在磁极中产生交变磁通。这个交变磁通可分为两部分，一部分磁通ϕ_A不穿过短路环，即穿过未罩极部份，另一部份磁通ϕ'_A穿过短路环，即穿过罩极部份。显然ϕ_A与ϕ'_A同相位。但ϕ'_A穿过短路环时在其中感应电势E_k，图中电势E_k是磁通ϕ'_A感应产生的，所以E_k应落后ϕ'_A 90°相位。考虑到短路环漏电感的影响，由E_k作用下在短路环中产生的电流I_k要比E_k落后一个角度φ_k。电流I_K产生磁通ϕ_k，在忽略涡流的影响时，它们之间应同相位。将ϕ'_A与ϕ_k合成所得之ϕ_B便是实际上

穿过短路环的磁通。可见此时穿过罩极部分的磁通ϕ_B要落后于穿过未罩极部分磁通ϕ_A一个相角。由磁通ϕ_A的轴线和磁通ϕ_B的轴线在空间位置有一个相位差，ϕ_A与ϕ_B在时间上也有一个相位差，所以能在电机空气隙中产生一个椭圆磁场，旋转的方向是由ϕ_A轴线转向ϕ_B轴线，也就是从未罩极部分转向罩极部分，随之转子上的导条受感应产生转矩，使电机沿着从未罩极到罩极部分的方向旋转起来了。

罩极电机由于ϕ_A与ϕ_B的相位差较小，ϕ_B本身又小，所以产生的起动转矩很小，只能使用在轻载下起动，但是它的结构简单，制造方便，常用在小型风扇、电唱机等不要求大的起动转矩的场合。

罩极电动机中，由于ϕ_B总是落后于ϕ_A，磁场的转向总是由ϕ_A转到ϕ_B，当主绕组和短路环的位置一定时，电机的转向就确定了，即使改变接到电源的两个线头，电机转向也不能改变。

第四节　几种单相异步电动机性能的比较

我国目前生产的电阻分相式单相异步电动机、电容起动式单相异步电动机和电容运转式单相异步电动机的新、老型号如表2—5所示。它们的主要技术参数详见附录。

表2—5　单相电动机的新、老型号

起动或运行方式	新系列	老系列
电阻起动	BO	JX
电容起动	CO	JY
电容运转	DO	JX

它们的起动和运行性能比较如下：

§2·4—1 起动性能比较

电阻分相式单相异步电动机是利用起动绕组和运行绕组的电阻电抗比的不同来形成旋转磁场的；而电容起动式单相异步电动机是利用电容器进行分相来产生旋转磁场的。显然，对单相电容式异步电动机而言，其工作绕组电流I_m与起动绕组电流I_a之相角φ有可能达到90°，只要我们将两绕组的参数设计得恰当，起动电容选择得合适即可。而单相电阻分相式异步电动机的φ角永远小于90°。所以电容起动异步电动机的起动性能较好，即起动转矩大、起动电流小。而电阻分相式单相异步电动机的起动性能较差，即起动转矩小而起动电流大。表2—6及表2—7分别列出BO系列单相电阻起动异步电动机的起动性能和CO系列单相电容起动异步电动机的起动性能。

表2—6 BO系列电阻分相式电动机的起动性能

额定功率（瓦）		40	60	90	120	180	250	370
起动转矩倍数	4极	2.2	2.0	1.8	1.7	1.6	1.4	1.3
	2极	/	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.25
起动电流（安）		7	8	10,5	12,5	15,5	20	29

表2—7 CO系列电容起动式电动机的起动性能

额定功率（瓦）		120	180	250	370	550	750
起动转矩倍数	4极	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	2极	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
起动电流（安）		9	12	15	21	29	37

如果将表2—6及表2—7进行比较可以看出，电容起动式的起动性能比电阻分相式的起动性能好一些。以250W四极电机为例，电阻分相式的起动转矩为1.4倍，起动电流为20安，而电容起动式的起动转矩为3倍，但起动电流只有15安。

对于单相电容运转式异步电动机，考虑到改善其运行性能的要求，其电容器的电容值选得小，这就使得I_m与I_a的相角φ变小，因而其起动转矩较小，见表2—8。

表2—8 DO系列电容运转式电动机的起动性能

额定功率（瓦）		8	15	25	40	60	90	120	180
起动转矩倍数	4极	0.7	0.7	0.7	0.7	0.35	0.35	0.35	0.35
	2极	／	0.7	0.7	0.7	0.50	0.35	0.35	0.35
起动电流（安）		0.8	1	1.5	2	2.5	3.2	5	7

§2·4—2 运行性能比较

电阻分相式和电容起动式单相异步电动机都只有一个主绕组在工作，因此二者的运行性能在额定功率及极数相同的情况下是完全一样的，其功率因数和效率见表2—9。

电容运转式单相异步电动机由于有电容器、副绕组与主绕组一道工作，所以，在运行时它的气隙磁场接近于圆形。其运行性能比电阻分相式和电容起动式为优，其效率和功率因数见表2—10。

表2—9　BO、CO系列电机的功率因数和效率

		BO 系列电机								
额定功率（瓦）		40	60	90	120	180	250	370	550	750
功率因数	4极	0.54	0.56	0.58	0.59	0.60	0.62	0.64	0.67	0.70
	2极	／	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
效率	4极	32%	38%	44%	50%	56%	60%	63%	66%	69%
	2极	／	42%	52%	56%	60%	63%	65%	68%	70%
					CO系列电机					

表2—10　DO系列电机的功率因数和效率

额定功率（瓦）		3	15	25	40	60	90	120	180
功率因数	4极	0.8	0.8	0.82	0.82	0.84	0.84	0.86	0.86
	2极	／	0.82	0.84	0.84	0.86	0.86	0.88	0.88
效率（%）	4极	23	30	35	40	45	49	53	57
	2极	／	36	42	48	53	58	62	65

现将几种常用的单相异步电动机的特性列在表2—11中，作为本章之小结。

表 2—11 单相异步电动机的分类、特性和应用

	电机类型	电阻分相式	电容起动式	电容运转式	电容起动与运转式	罩极式
	基本系列代号	BO	CO	DO		
结构特点	定子绕组的组成	主绕组、起动绕组	主绕组、起动绕组	主绕组、副绕组	主绕组、副绕组	主绕组、罩极绕组
	转子	鼠笼式	鼠笼式	鼠笼式	鼠笼式	鼠笼式
	起动装置	起动继电器或离心开关	起动继电器或离心开关	/	起动继电器或离心开关	/
	辅助装置	/	起动用电容器	运转用电容器	起动和运转用电容器	/
基本特征	功率范围W	40～370	120～750	8～180	8—750	15～90
	功率因数	0.4～0.75	0.4～0.75	0.7～1	0.8～1	0.4～0.75
	效率%	30～65	45～70	20～65		
	起动转矩倍数	1.2～2	2.5～3.5	0.3～1	2.5～3.5	0.3～0.8
	起动电流倍数	6～7	4～5	3～5	4～5	2～4

表 2—11 单相异步电动机的分类、特性和应用

电机类型	电阻分相式	电容起动式	电容运转式	电容起动与运转式	罩极式
基本系列代号	BO	CO	DO	YL	
主要优缺点	1．价格低，应用广泛； 2．起动电流大，起动转矩较小。	1．造价稍高； 2．起动转矩较大起动电流也较大。	1．无起动装置，构造简单，运行可靠； 2。功率因数高 3．起动转矩小	1．附件多、结构复杂，造价较高； 2．起动转矩、起动电流较大。 3．功率因数高	1．结构简单、价格低，工作可靠； 2．起动转矩小； 3．效率低。
应用范围	适用于小型车床、钻床、鼓风机及医疗机械等。	适用于要求起动转矩较大场合，如小型空气压缩机，电冰箱、水泵等	适用电风扇、通风机、录音机及各种空载或轻载起动的场合	适用于家用电器、泵及小型机床等。	适用于小型风扇、吸尘器、手提电动工具等小功率电气设备中

第三章 单相异步电动机的绕组及其计算

第一节 单相异步电动机绕组的基本知识

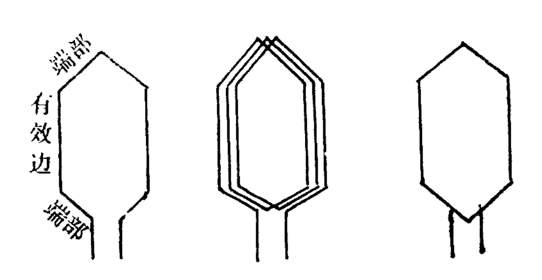
单相异步电动机的定子上一般有两个绕组，一个主绕组（工作绕组），一个副绕组（在电阻分相式和电容起动式为起动绕组），统称为定子绕组。定子绕组通电后，在气隙中建立旋转磁场，并感应电势，产生电磁转矩，完成电气和机械的能量交换，所以绕组是电动机的最重要部分。除了罩极电动机多采用集中绕组外，单相异步电动机的定子绕组的各个线圈有效边通常都嵌在圆周上均匀分布的定子槽内，为分布绕组。这种绕组的结构及绕制工艺与三相异步电动机相似。单相异步电动机由于尺寸较小，为了便于嵌线，提高槽面积利用率，一般都用单层迭绕组、同心式绕组以及正弦绕组。

为了更好的掌握这三种单相绕组，我们先简要地介绍绕组的基本知识。

§3·1—1 绕组的常用术语

一、线圈、线圈组、绕组

线圈是以绝缘导线（圆线或扁线）按一定形状绕制而成。线圈可由一匝或多匝组成；多个线圈构成一组单元的称为线圈组；由多个线圈或线圈组构成一相或整个电磁电路的组合都统称为绕组。电动机分布绕组常用的线圈示意图可见图3—1—1。



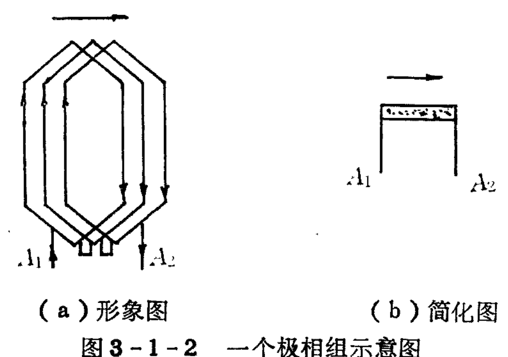
（a）单匝线圈　　（b）多匝线圈　　（c）多匝线圈简化图

图3-1-1　电动机常用线圈示意图

线圈的直线部分嵌入铁心槽内，作为电磁能量转换的部分，称为线圈的有效边。伸出铁心槽外的部分仅起连接作用的叫端部。为方便起见，一般用简化图来表示一个多匝线圈。

二、极相组数

凡是一相中形成同一个磁极的线圈（一个或多个）定为一个极相组。也称线圈组。可见图3-1-2。



（a）形象图　　（b）简化图

图3-1-2　一个极相组示意图

三、极距τ

极距是指电动机每个磁极所占的铁芯 槽 数，常 用 τ 表示。

$$\tau = \frac{Q_1}{2P} \quad (槽) \qquad (3-1)$$

式中：Q_1——定子铁芯的总槽数；

P——电动机的极对数。

极距τ也可用长度表示，即每个磁极沿定子铁 芯 内圆所占的范围：

$$\tau = \frac{\pi D_j}{2P} (厘米) \qquad (3-2)$$

式中：D_i——定子铁芯内经

四、节距y

节距是指一个线圈两有效边所跨占的槽数，通 常用y表示。其表示方法与极距相仿。例如：节距 y=6（1～7），即线圈两有效边相隔6槽，就是分别嵌在第1槽和第7槽。

当节距y 等于极距τ时，称为整距绕组；当节距y小于极距τ时，称为短距绕组；当节距y大于极距 τ 时，称为长距绕组。实际应用时常采用短距或整距绕组，因为短距绕组不仅可节省导线材料，还可改善电动机的电气特性。长距绕组基本不用。

五、电角度

在研究电机问题时，认为每对磁极 所 对 应 的 角 度为360° 电角度，如电机有P对磁极，所对 应 的 角 度 认 为是P×360° 电角度，而习惯上一个圆周所对应的机 械 角 度认为是360° 机械角度，故机械角度乘P而得电角度。

六、每极每相槽数q（线圈数）

每极每相槽数是每极相组所占的槽数，也就是每极每相

的线圈数。简称每组线圈数。

每极相组的线圈由一个或几个线圈串联而成一组，通常在绕线时一次绕成连在一起，然后分槽嵌装。

每极每相槽数$q=\frac{Q_1}{2P\times m}$　　（3—3）

式中：Q_1——定子总槽数；

m——相数；

P——极对数。

对于单相电机$m=1$，则q为每极槽数。

$$q=\frac{Q_1}{2P} \quad (3-4)$$

七、单层绕组与双层绕组

交流电机常用的绕组型式有单层绕组和双层绕组两大类。

单层绕组就是每个槽中只放一个线圈边的绕组。所以电机中总的线圈数等于总槽数的一半。而双层绕组就是在每个槽中放着上下两层线圈边，中间用层间绝缘隔开，线圈的一个边嵌在一个槽的下部，另一个边则嵌在另一个槽的上部，其示意图可见图3-1-3。

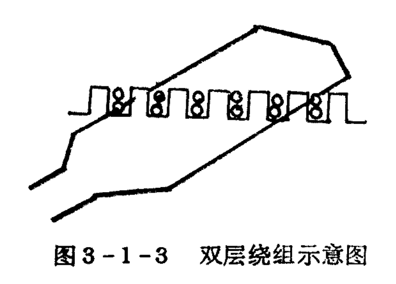


图3-1-3　双层绕组示意图

八、槽距角α

α用来表示相邻两槽之间的电角度，α可用下式求取

$$\alpha=\frac{P\times 360}{Q_1} \quad (3-5)$$

§3·1—2　绕组的显极接法和庶极接法

电动机绕组极相组之间连接法分为显极连接法和庶极连

接法两种。

一、显极连接的绕组

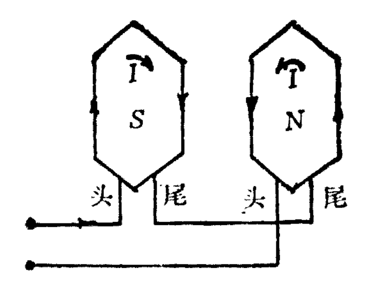


图3－1－4　二极显极式绕组连接示意图

在显极式连接的绕组中，每个极相组的线圈形成一个磁极，绕组的线圈组数与磁极数相等。图3－1－4是二极显极式绕组连接的示意图。在显极式绕组中，为了要使磁极的极性N和S相互间隔，相邻两个线圈（组）里的电流方向必须相反，即相邻两个线圈（组）的连接方式必须尾端接尾端，首端接首端，即我们通常说的头连头，尾连尾的接法。

显极连接法绕组中每组线圈形成一个磁极，则绕组的：

$$\text{极相组数} = 2P \times m \qquad (3-6)$$

二、庶极连接的绕组

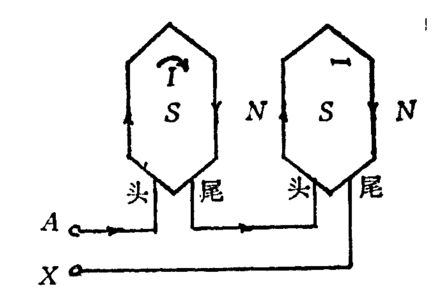


图3－1－5　四极庶极式绕组连接示意图

在庶极式连接的绕组中，每个极相组的线圈形成两个磁极，绕组的线圈组数为磁极数的一半。图3－1－5是四极庶极式绕组连接的示意图。

在庶极式绕组中，

每个线圈组所形成的磁极的极性都相同，因而所有线圈组里的电流方向都相同，即相邻两个线圈组的连接方式应该是尾端接首端，即我们通常说的头连尾，尾连头的接法。

庶极式连接法绕组中每组线圈形成二个磁极，则绕组的：

$$极相组数=\frac{2P\times m}{2} \qquad (3-7)$$

§3·1—3 绕组系数k_{dp}

单相异步电动机定子绕组是采用分布绕组，即每极相绕组分布于几个槽中。除了采用整距绕组外还可采用短矩绕组。为此，在一定的匝数下，将引起感应电势降低。影响感应电势的因素称为绕组系数k_{dp}，k_{dp}常小于1，它由两种因素组成，具体分析如下：

一、分布系数k_d

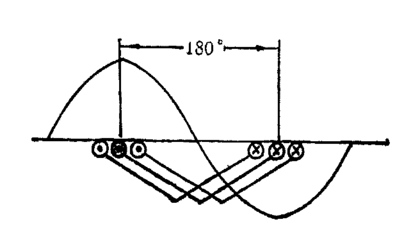


图3-1-6 分布绕组（q=3）示意图

分布在几个槽内的线圈组如图3-1-6所示。图中线圈组由3个线圈组成，即每极每相槽数q=3。气隙主磁场的磁通密度分布一般为正弦形，如图中曲线所示，且此磁场又在不停旋转，在图示瞬间，线圈2的两个线圈边都切割着气隙磁密的最大值$B\delta$，而线圈1、3的两个线圈边切割的气隙磁密都小于$B\delta$，所以线圈1和3的感电势都比线圈2的电势小一些。这说明三个相邻槽中线圈串联起来所得到的合成电势小于三个相邻槽中的线圈串联起来所得到的合成电

势，也就是说，由于极相组分布在几个槽中，使电势减少了，通常用分布系数k_d来表示其减少，当$q=1$，即将一个极相组的线圈边集中在一个槽中串联起来时，$k_d=1$，每极每相槽数q越大，分布系数就越小，当q大于6时分布系数就趋近于一个常数，k_d值见表3—1。

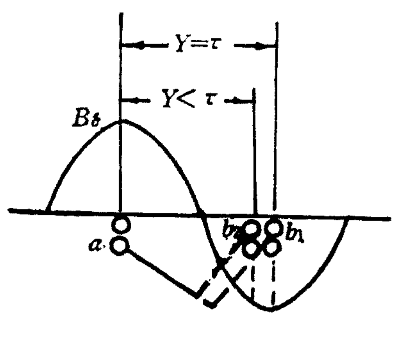


图3-1-7　短矩绕组示意图

表3—1　分布系数k_d

每极每相槽数q	1	2	3	4	5	6	7以上
分布系数k_d	1.0	0.966	0.96	0.958	0.956	0.956	0.956

二、短距系数kp

为节省导线和改善电机性能，可采用短矩绕组，但是采用短矩后，绕组感应电势将有所减小。图3-1-7表示一个线圈的节距。在图示的瞬间可以看出，全距线圈ab_1的两个线圈边在两个极下同时切割最大磁密B_δ，而短矩线圈ab_2则只有一个线圈边切割最大磁密$B\delta$，而另一个线圈边切割磁密却较小。因此由于短矩而导致线圈的感应电势减少，这个减少的多少可以短矩系数kp来表示。当全距绕组$y=\tau$时，$kp=1$最大。当短矩$y<\tau$时，$kp<1$，短矩系数kp的大小见表3—2。

三、绕组系数k_{dp}

绕组系数综合考虑了由于绕组分布和短矩对电势的影响。

$$k_{dp}=k_d\cdot kp \qquad (3-8)$$

表3-2　　短矩系数k

节距y \ 极矩τ	12	11	10	9	8	7	6
1～13	1.000	0.990	0.951	0.866	0.707		
1～12	0.991	1.000	0.988	0.940	0.831		
1～11	0.966	0.990	1.000	0.985	0.924	0.782	
1～10	0.924	0.960	0.988	1.000	0.981	0.901	
1～9	0.866	0.910	0.951	0.985	1.000	0.975	0.866
1～8	0.793	0.841	0.891	0.940	0.981	1.000	0.966
1～7	0.707	0.756	0.809	0.866	0.924	0.975	1.000
1～6	0.609	0.655	0.707	0.766	0.831	0.901	0.966
1～5			0.588	0.643	0.707	0.782	0.866
1～4					0.570	0.624	0.707

§3·1-4　单相电动机常用的定子绕组型式

和三相电动机一样，单相异步电动机的定子绕组型式很多，如迭绕组、波绕组和同心绕组等，它们又可分为单层和双层、整距和短矩等方式。单相异步电动机由于尺寸较小，为便于嵌线，提高槽面积利用率，一般都用单层绕组。而同心绕组由于线圈端部较短和定子电阻及漏抗较小，便于改善电机运行性能，用得最多。同心绕组又有一般同心式绕组（简称同心式绕组）和正弦绕组两种。

本章主要介绍单层迭绕组、同心式绕组和正弦绕组等三种最常用的单相绕组。

第二节 单层迭绕绕组

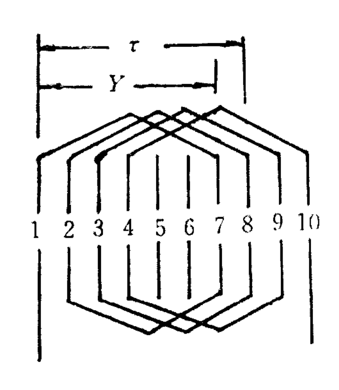


图3—2—1 迭绕组示意图

如图3-2-1所示，迭绕组的每一个线圈形状大小都相同，它的每一个线圈的末边均返回其邻近的次一个线圈的起边，整个线圈组成环环相迭的形象，因而把这种绕组叫做迭绕组，又称为等元件绕组。

我们知道，单相异步电动机的定子槽内，除嵌有主绕组外，还嵌有副绕组。电机学告诉我们在三相绕组中采用短矩绕组时，可以大大削弱三次谐波的不良影响。但是由于单相电机在采用单层迭绕时基本上是用整距绕组，即使采用短矩绕组时，因单相迭绕组每极各槽均属同一相，因而短矩系数仍等于1，因此，单层迭绕组没有自动消除三次谐波的能力，三次谐波对单相电机危害甚大。但如果把主绕组只分布在2/3槽中，则可自动消除主绕组的三次谐波。因此，在单相电动机中，主、副绕组所占有槽数常按2∶1来分配。电容运转式电动机，由于副绕组在起动后仍投入工作，所以，电动机的主、副绕组所占槽数各为定子总槽数的1/2。

单相单层迭绕组可用显极接法或庶极接法，主、副绕组接法相同。现以一定子槽数为24的四极单相电动机为例来说明之。

图3-2-2为单相四极24槽定子的示意图。由于是四极电机，先将定子分为四等分，如图中实线所划分的，每一等分表示一个磁极。

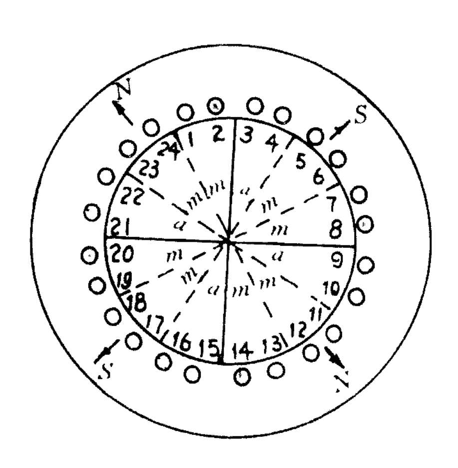


图3-2-2　单相四极24槽定子示意图

单相电动机每极槽数 $q=\frac{Q_1}{2P}=\frac{24}{4}=6$（槽）其中主绕组每极槽数 $q_m=\frac{2}{3}\times\frac{Q_1}{2P}=\frac{2Q_1}{3\times2P}=\frac{2\times24}{3\times2\times2}$ $=4$（槽）；副绕组每极槽数

$$q_a=\frac{1}{3}\times\frac{Q_1}{2P}=3\times\frac{Q_1}{2P}=\frac{24}{3\times2\times2}=2\text{（槽）}$$

因为是单层绕组，每槽中为一个线圈边，在图3-2-2中定子圆周上有12个线圈，24个线圈边，每极6个线圈边。属于主相绕组的线圈边为1、2、5、6、7、8、11、12、13、14、17、18、19、20、23、24。属于副相绕组

的线圈边为3、4、9、10、15、16、21、22。

图3-2-3为单相电动机单迭绕组的展开图，采用显极接法，全节距y=24/4=6。这种绕组嵌线时，先将两个线圈的有效边分别嵌入相邻两槽内，空出两槽后，便可分别把其余各线圈依图3-2-3顺序嵌入相应槽、直至完成。下线顺序为将编号为1的线圈的两个有效边分别嵌入7、8两槽，另两个有效边暂不要嵌入1、2两槽，再将编号为2的线圈的4个有效边分别嵌入5、6、11、12四个槽中、再将编号为3的线圈的四个有效边分别嵌入9、10、15、16四槽中……依图3-2-3的编号顺序嵌入相应的槽，最后将编号为1的线圈的另两个有效边嵌入1、2两槽。整个下线完成。

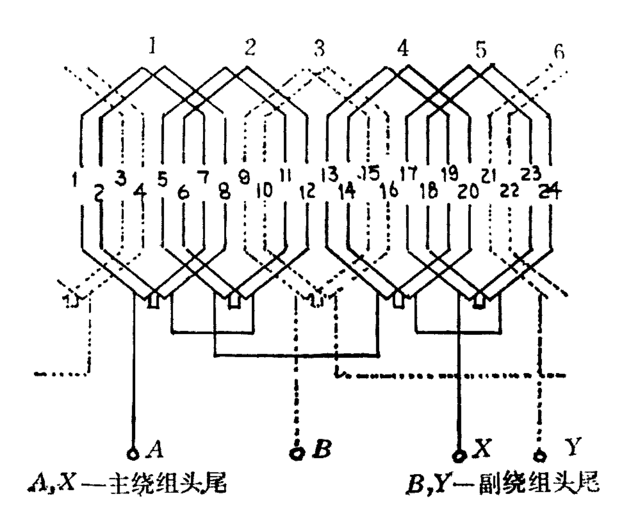
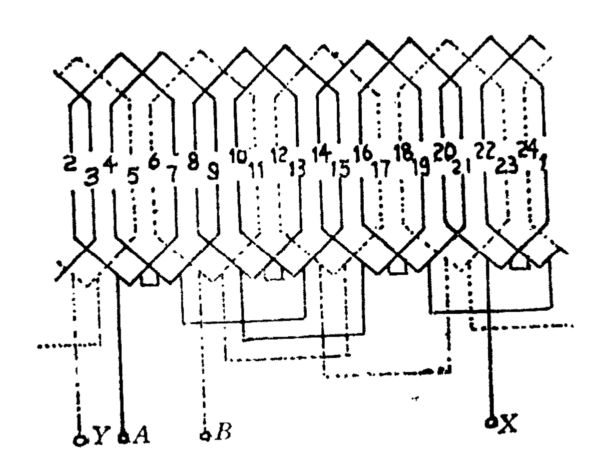


图3-2-3　四极24槽定子迭绕组展开图　显极接法y=6

为了缩短绕组的端接部分，并便于落线，采用短矩绕组，取y＝5之展开图如图3－2－4所示，此时仍采用显极连接法。嵌线时采用隔槽下线，即嵌一槽、空一槽依次进行。



A,X－主绕组头,尾　　　　*B*,*Y*－－副绕组头,尾

图3－2－4　四极24槽定子迭绕组展开图　显极接法y＝5

图3－2－5是采用庶极接法的四极单层绕组展开图。此时电动机的绕组排列明显地分为两部分。其端接部分的连接也不像图3－2－3那样均匀，但这种绕组可使电动机制成分割式定子，嵌线时采用“吊把”法，吊把线圈边的数目等于节矩y，可把整组线圈的另一边顺序嵌入相应槽内；当一组嵌完后，再依次进行第二组嵌线。

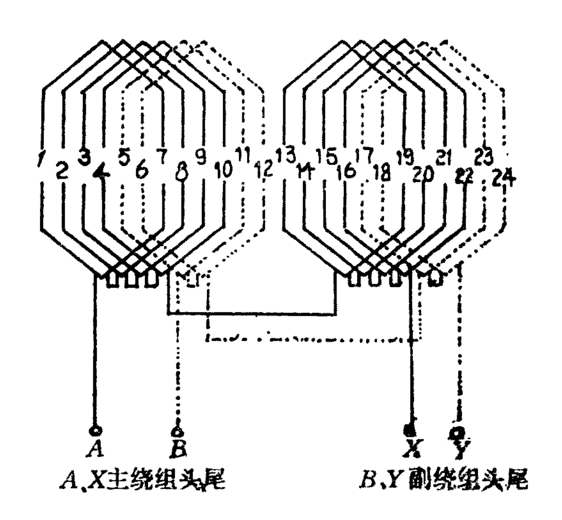


图3-2-5四极24槽定子迭绕组展开图　庶极接法y＝6

上述几种联接方法虽各不相同，但只要分析其槽内电流的方向，就可以证明它们都能产生应有的极数。

第三节　同心式绕组

同心式绕组是由几个轴线重合而节距不同的线圈串联组成的，其示意图可见图3-3-1。

图3-3-2是一个四极24槽定子的单相同心式绕组的展开图，主绕组（以黑实线表示），占电动机定子总槽数的三分之二，即16槽；副绕组（以虚线表示）占电动机定子总槽数的三分之一，即8槽。

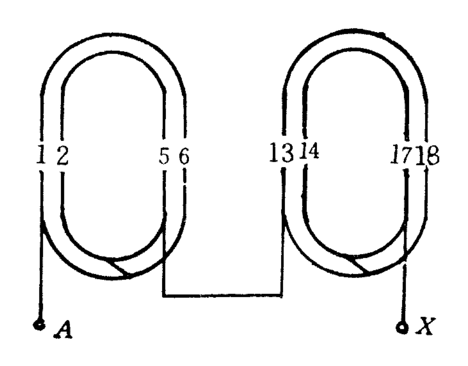


图 3-3-1　同心绕组示意图

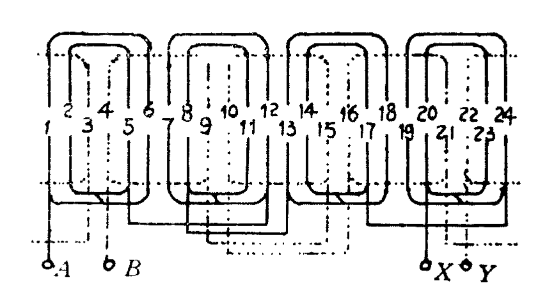


图 3-3-2　四极24槽同心式绕组展开图

同心式绕组每槽中的导线数相同，其极相组排列分明，接线不易弄错。同时，单相异步电动机的功率较小，定子铁芯内径也比较小，因此单相电动机常采用单层同心式绕组。

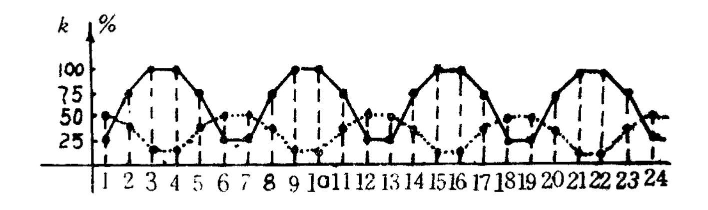
但是，同心式绕组也存在端部较长，耗用导线较多，因而增加电动机的总长度，漏磁也随之增加等缺点。

第四节　正弦绕组

§3·4—1　正弦绕组的构成

为了尽可能减少定子谐波磁势，就是希望定子产生的磁势尽可能是一个正弦波，我们采用了所谓正弦绕组。这种绕组就是在定子铁芯槽中的导体数按照一定规律分布，同一极下各槽的导体数不相等，从而使电动机的气隙磁势分布接近于正弦波形，因此，这种绕组被称为正弦绕组。

图3-4-1是正弦绕组各槽导线分布情况（以主绕组槽内最多的导线数为100%）。由图可见正弦绕组的主、副绕组所占槽数之比不是2:1，而是把主、副绕组的导线按不同数量分布在定子槽中。主绕组的线圈边放置在槽的下面，副绕组的线圈边放置在槽的上面，上、下层之间垫入层间绝缘。



——主绕组　　　……副绕组

图3-4-1　四极24槽正弦绕组导线分布图

图3-4-2为四极24槽单相电动机正弦绕组展开图。

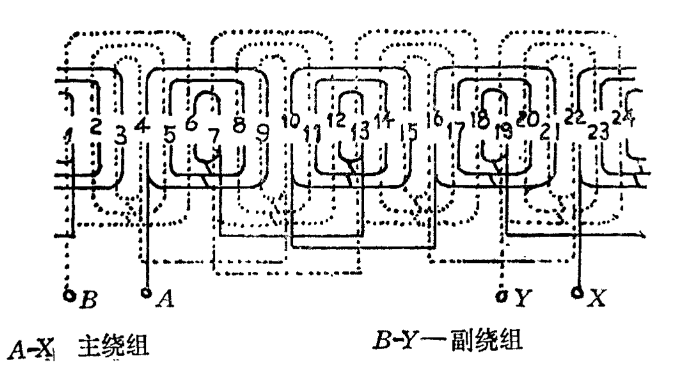


图3-4-2 四极24槽单相电动机正弦绕组展开图

从线圈的形状来看，正弦绕组与同心式单层绕组相似，由于它能消除三次谐波，因而降低了电动机的损耗和电磁噪声、提高效率、改善起动性能，从而使电机具有良好的运行特性。因此，正弦绕组现在已普遍用于一般单相异步电动机中。但是正弦绕组各线圈的匝数不同，使线圈绕制工艺复杂化，而且有些槽的槽满率较低，降低了铁芯的有效利用率。

§3·4—2 正弦绕组的匝数分配

在正弦绕组中，组成一极的各个同心线圈的匝数是不相等的，各同心的匝数分配可按下述步骤、方法计算：

一、计算各同心线圈节距之半的正弦值。

$$\sin(m-n)=\sin\frac{y_{(m-n)}}{2}\times\frac{\pi}{\tau}\qquad(3-9)$$

式中：m和n分别为某一同心线圈的两个有效边在定子槽的编号；

$\sin_{(m-n)}$——该同心线圈的正弦值；

$y_{(m-n)}$——该同心线圈的节距；

π——每极电角度（$\pi=180°$）

τ——极距（槽）；

$\frac{\pi}{\tau}$ ——每槽电角。

二、每极内各个线圈节距之半正弦值的总和：

$$\Sigma\sin(m-n)=\sin(m_1-n_1)+\sin(m_2-n_2)+\sin(m_3-n_3)+\cdots+\sin(m_k-n_k) \qquad (3-10)$$

式中：$\Sigma\sin(m-n)$——每极线圈总正弦值

三、各个同心线圈占每极线圈的百分数：

$$n_{(m-n)}=\frac{\sin(m-n)}{\Sigma\sin(m-n)}\times100\% \qquad (3-11)$$

式中$n_{(m-n)}$——某一线圈占每极线圈的百分数（%）

四、每个同心线圈的匝数

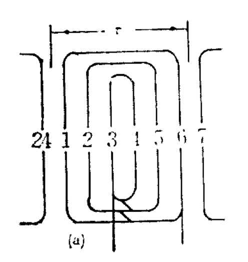
$$W_{m-n}=W_{\Sigma}\times\frac{\sin(m-n)}{\Sigma\sin(m-n)}\text{（匝）} \qquad (3-12)$$

式中 W_{m-n}——某个同心线圈的匝数

W_{Σ}——一个极相组内同心线圈的总匝数。

现以四极24槽电动机为例，说明上述计算步骤和方法。正弦绕组可布置成图3-4-3所示两种型式。

$$\text{极距}\tau=\frac{Q_1}{2P}=\frac{24}{4}=6\text{（槽）}$$



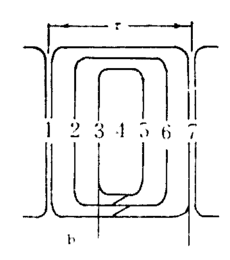


图 3-4-3　四极24槽"正弦"绕组布置

1、图 3-4-3（a）中，每极由三个同心线圈组成，其节距分别为：$y_{(3-4)}=1$、$y_{(2-5)}=3$、$y_{(1-6)}=5$。各同心线圈占每极线圈的百分数计算如下：

（1）sin（m－n）

$$\sin(3-4)=\sin\frac{y_{(3-4)}}{2}\times\frac{\pi}{\tau}=\sin\frac{1}{2}\times\frac{180°}{6}$$

$=\sin15°=0.259$;

$$\text{sim}(2-5)=\sin\frac{3}{2}\times\frac{180°}{6}=\sin45°=0.707;$$

$$\sin(1-6)=\sin\frac{5}{2}\times\frac{180°}{6}=\sin75°=0.966。$$

（2）Σsin（m－n）

$$\Sigma\sin(m-n)=\sin(3-4)+\sin(2-5)+\sin(1-6)=0.259+0.707+0.966=1.932。$$

（3）$n_{(m-n)}$

$$n_{(3-4)}=\frac{\sin(3-4)}{\sum\sin(m-n)}\times100\%=\frac{0.259}{1.932}\times100\%$$

$$=13.4\%$$

$$n_{(2-5)}=\frac{\sin(2-5)}{\sum\sin(m-n)}\times100\%=\frac{0.707}{1.932}\times100\%$$

$$=36.6\%$$

$$n_{(1-6)}=\frac{\sin(1-6)}{\sum\sin(m-n)}\times100\%=\frac{0.966}{1.932}\times100\%$$

$$=50\%$$

从上述计算可见，中间两槽(槽 3、槽 4)所占比例较少，为简化绕线工艺和提高槽满率，可将这两槽空出，专放副绕组，而槽 1 和槽 6 专放主绕组。这样主绕组每极只有(2－5)、(1－6) 两个同心线圈。此时总正弦值为 $\sum\sin(m-n)=0.707+0.966=1.673$。各同心线圈占每极线圈的百分数为：

$$n_{(2-5)}=\frac{0.707}{1.673}\times100\%=42.3\%$$

$$n_{(1-6)}=\frac{0.966}{1.673}\times100\%=57.7\%$$

2、图 3－4－3 (b) 中，特别要注意的是同心线圈 $n_{(1-7)}$ 的匝数只占计算的一半，另一半则放在相邻的极下面，按同样方法计算如下：

①sin (m－n)：

$$\sin(3-5)=\sin\frac{y_{(3-5)}}{2}\times\frac{\pi}{\tau}=\sin\frac{2}{2}\times\frac{180^\circ}{6}$$

$$=\sin30^\circ=0.5;$$

$$\sin(2-6)=\sin\frac{y_{(2-6)}}{2}\times\frac{\pi}{\tau}=\sin\frac{4}{2}\times\frac{180°}{6}$$

$$=\sin 60°=0.866;$$

$$\sin(1-7)=\frac{1}{2}\sin\frac{y_{(1-7)}}{2}\times\frac{\pi}{\tau}$$

$$=\frac{1}{2}\sin\frac{6}{2}\times\frac{180°}{6}=\frac{1}{2}\times\sin 90°=0.5。$$

② $\Sigma\sin(m-n)$

$$\Sigma\sin(m-n)=0.5+0.866+0.5=1.866。$$

③ $n_{(m-n)}$

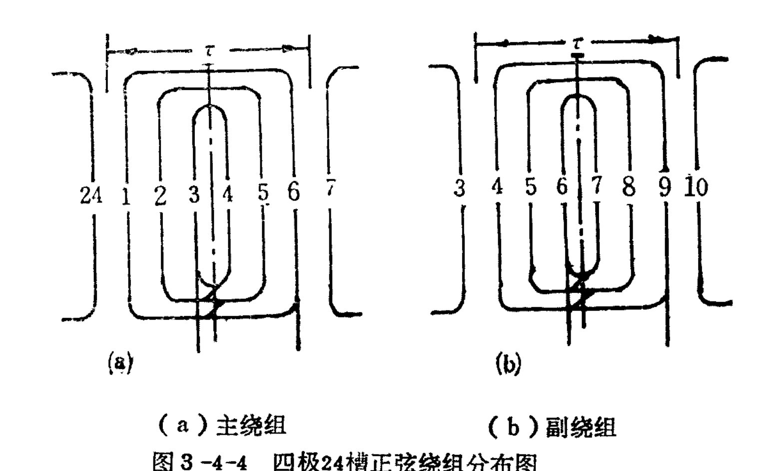
$$n_{(3-5)}=\frac{0.5}{1.866}\times100\%=26.8\%;$$

$$n_{(2-6)}=\frac{0.866}{1.866}\times100\%=46.4\%;$$

$$n_{(1-7)}=\frac{0.5}{1.866}\times100\%=26.8\%。$$

由上述计算可以清楚地看出，正弦绕组是把每极线圈总匝数之值看成百分之百，根据各线圈节距之半的正弦值来计算各线圈的匝数应占每极总匝数的百分率。当给定主绕组的匝数后，则各同心线圈的匝数便可以计算出来。

用同样的方法可以计算出副绕组每极匝数的分配，但要求副绕组的中心线与绕组的中心线错开90° 电 角 度， 如图 3－4－4所示。图中仅画出一个极的情况。

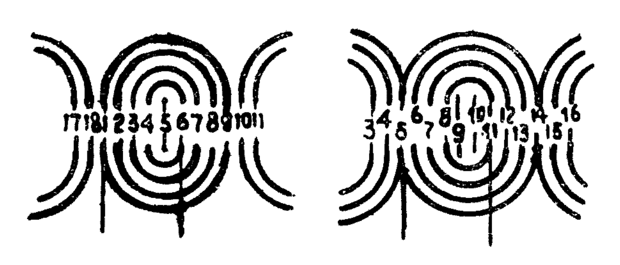


（a）主绕组　　　　　　（b）副绕组

图3-4-4　四极24槽正弦绕组分布图

此时槽距角$\alpha=\frac{P\times360^\circ}{Q_1}=\frac{2\times360^\circ}{24}=30^\circ$电角，所以副绕组的中心线与主绕组的中心线相差3个槽（90°电角）。

如果是一台二极18槽电动机，此时槽距角$\alpha=\frac{1\times360^\circ}{18}=20^\circ$电角，如图3-4-5（a）所示，主绕组的中心线在第5槽，而副绕组的中心线应在与主绕组相距90°电角的位置，即相当于$4\frac{1}{2}$槽的距离。所以副绕组的中心线应在$5+4\frac{1}{2}=9\frac{1}{2}$槽处。因此，我们将第5槽和第14槽中的副绕组线圈分为两部分，且这两部分的匝数相等，均为该槽中副绕组匝数的一半，如图3-4-5（b）所示。



（a）主绕组布置图　　　　（b）副绕组布置图

图3-4-5　2极18槽电容式电机正弦绕组布置图

各种类型单相异步电动机的技术数据和正弦绕组数据及其排列方式见附录Ⅰ、Ⅱ。正弦绕组每槽导体分配和绕组系数见附录Ⅲ。

第五节　单相异步电动机绕组的重绕计算

单相异步电动机的设计计算准确程度较差，因此，在修理单相异步电动机时，一般应依照原来绕组的型式和数据进行重绕修复。但如发现原来绕组在运行中有明显的缺点（一般多系几经修理的结果），或者原来的数据无从知道，或者是由于某种需要，必须重新计算绕组数据。下面将介绍罩极电动机、电阻起动和电容起动式单相电动机、电容运转式单相电动机等的重绕计算的方法和步骤，并举例加以具体说明。

§3·5—1　罩极电动机的重绕计算

罩极电动机的结构虽较简单，但电机内部的物理过程却相当复杂。因此，这里介绍的计算方法只是近似的估算。

在计算前，我们要准确的测量定、转子铁芯的有关数据，如图3-5-1所示。定子内径 D_i，铁芯轭高 h_c、极宽b以及铁芯长度 l。

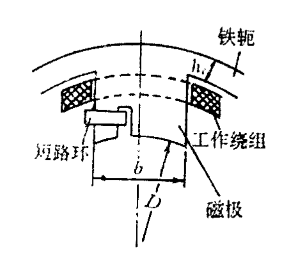


图3-5-1　罩极电动机定部分尺寸示意图子

一、罩极电动机的改压计算

如果一台罩极电动机要改变电压使用时，我们应先把旧线圈的几何尺寸记录下来，再拆开原线圈记下匝数和线径，然后按下式计算改绕后的数据。

改绕后的匝数

$$W=\frac{V}{V'}W'\text{（匝）} \qquad (3-13)$$

式中：W′、V′——线圈原有的匝数和电压。

W、V——线圈改绕后的匝数和电压。

改绕后的导线直径

$$d=d'\sqrt{\frac{V'}{V}}\text{（毫米）} \qquad (3-14)$$

式中：d′、d——线圈原来的与改绕后的导线直径。

二、罩极电动机的重绕计算

（1）电动机的功率估算

$$P_s=\alpha_\delta\frac{D_i^2 lB_\delta An_1}{5.5\times10^8}\text{（伏安）}$$

式中：α_δ——极弧系数，取 $\alpha_\delta=0.6\sim0.73$，一般估算时取0.67；

D_i——定子内径，厘米；

l——定子铁芯长度，厘米；

B_δ——气隙磁密，一般如台扇等小功率电动机取 $B_\delta=1500\sim3500$高斯，吊扇等功率较大电动机取$B_\delta=3500\sim5000$高斯；

A——线负荷，指定子圆周单位长度上的电流，取 $A=60\sim130$安/厘米；

n_1——同步速，转/分；

（2）电动机的电流

$$I=\frac{P_s}{k_E V_N}（安） \quad （3-13）$$

式中：K_E——压降系数，取$K_E=0.8\sim0.95$；

V_N——电动机的额定电压，伏。

（3）有效磁通

$$\phi=\alpha_\delta \tau l B_\delta \quad （马） \quad （3-16）$$

式中：τ——极距，$\tau=\frac{\pi D_i}{2P}$。

（4）主绕组串联总匝数

$$W_m=\frac{K_E V_N 10^8}{4.44 f \phi}（匝） \quad （3-17）$$

式中 f——电源频率，赫。一般为50赫。

（5）主绕组每极匝数

$$W'_m=\frac{W_m}{2P} \quad （匝） \quad （3-18）$$

（6）定子轭部磁密校验

$$B_c = \frac{\sigma\phi}{1.86h_c e}\text{（高斯）} \qquad (3-19)$$

式中：σ——主绕组漏磁系数，取$\sigma = 1.1 \sim 1.16$；

h_c——定子轭高，厘米。

计算的轭部磁密不应超过8000～10000高斯，如超过允许值时，应降低B_δ重算。如B_c太低，则可适当提高B_δ值。

（7）磁极铁心磁密校验

$$B_m = \frac{\sigma\phi}{0.93bl}\text{（高斯）} \qquad (3-20)$$

式中：b——凸极的宽度，厘米。

计算的磁极铁芯磁密应低于8000～10000高斯，如超过允许值时，应降低B_δ重算。如B_m太低，则可适当提高B_δ

（8）导线选择

导线截面积可按下式计算得

$$A_m = \frac{I}{j}\text{（毫米}^2\text{）} \qquad (3-21)$$

式中：j——导线电流密度，安/毫米^2，取$j = 3 \sim 5$安/毫米^2。导线直径可按下式计算得

$$d_m = 1.13\sqrt{A_m}\text{（毫米）} \qquad (3-22)$$

选用导线可查附录Ⅱ表1、表2，所选用的标准导线要先校验是否放得下，如太松或太紧，可适当改选较大或较小直径的导线予以调整。

〔例一〕有一台罩极式风扇电动机已失去原始数据，极数$2P = 4$，测得定子铁芯外径$D_a = 12$厘米，内径$D_i = 6.4$厘米，铁芯长度$l = 3.8$厘米，凸极宽度$b = 3.4$厘米，定子轭部高度$h_c = 0.8$厘米，试求绕组每极匝数及直径。

解：（1）电动机的功率估算

选 $\alpha_\delta=0.67$，$B_\delta=3500$高斯，$A=80$安/厘米

$$P_s=\frac{\alpha_\delta D_i^2 lB_\delta An_1}{5.5\times10^8}=\frac{0.67\times6.4^2\times3.8\times3500\times80\times1500}{5.5\times10^8}$$

$=80$伏安

（2）电动机电流

选$K_E=0.9$，$V_N=220$伏

$$I=\frac{P_s}{K_E V_N}=\frac{80}{0.9\times220}=0.4\text{ 安}$$

（3）每极磁通

极距 $\tau=\frac{\pi D_i}{2P}=\frac{\pi\times6.4}{4}=5.03$厘米

每极磁通 $\phi=\alpha_\delta \tau lB_\delta=0.67\times5.03\times3.8\times3500$

$=44822$马

（4）主绕组串联总匝数

$$W_m=\frac{K_E V_N\times10^8}{4.44f\phi}=\frac{0.9\times220\times10^8}{4.44\times50\times44822}$$

$=1990$匝

（5）主绕组每极匝数

$$W_m'=\frac{W_m}{2P}=\frac{1990}{4}=497.5\text{匝}$$

取$W_m'=498$匝

（6）定子轭部磁密校验

选$\sigma=1.13$

$$B_c=\frac{\sigma\phi}{1.86lh_c}=\frac{1.13\times44822}{1.86\times3.8\times0.8}=8957\text{高斯}$$

（7）磁极铁芯磁密校验

$$B_m = \frac{\sigma\phi}{0.93bl} = \frac{1.13\times44822}{0.93\times3.4\times3.8} = 4215 高斯$$

由以上校验可见，定子轭部及磁极铁芯磁密均在允许范围以内。磁极铁芯磁密虽偏低，但提高气隙磁密B_δ会导致轭部磁密Bc的增加，所以不调整$B\delta$了。

（8）主绕组导线选择

选导线电流密度j=3.5安/毫米^2，主绕组导线截面积

$$A_m = \frac{I}{j} = \frac{0.4}{3.5} = 0.114 毫米^2$$

导线直径$d_m = 1.13\sqrt{A_m} = 1.13\sqrt{0.114} = 0.382$ 毫米。

可选用高强度聚脂漆包线QZ，据附录Ⅱ表2查得相近标准直径ϕ0.38毫米圆铜线。截面积为0.1134毫米^2。

§3·5—2 电阻起动式和电容起动式单相电动机的重绕计算

电阻起动式和电容起动式单相异步电动机的共同之处是在运行时只有主绕组单独工作，副绕组仅仅在起动时投入，起动完毕即切除。因此也称为电阻分相式和电容分相式单相电动机，这两种电机的重绕计算方法基本是相同的。其计算步骤如下：

一、电动机的功率估算

$$P_s = \frac{D_i^2 lB_\delta An_1}{10^9} （伏安） \qquad （3—23）$$

式中：D_i——定子铁芯内径，厘米；

l——定子铁芯长度，厘米；

B_δ——气隙磁通密度，高斯，对于二极电机取 B_δ =2500～2500高斯，四极电动机取B_δ =3500～6500高斯；

A——线负荷，安/厘米，对二极机取A=60～120安/厘米，对四极机取A=85－160安/厘米。

n_1——同步转速，转/分。

二、电动机的输出功率P_N

电动机的估算功率P_s是指电动机从电网中吸取的电能，分相电动机的输出功率P_N实际上只占输入功率的小部分，它们的关系是：

$$P_N=P_s、\cos\varphi\cdot\eta \text{（瓦）} \quad (3-24)$$

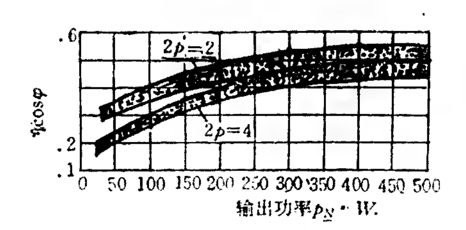


图3-5-2 电阻、电容分相起动电动机的电能效率曲线

式中：$\cos\varphi\cdot\eta$——电动机的功率因数和效率。一般小型单相电动机的效率约为0.55～0.75，所以，分相电动机$\cos\varphi\cdot\eta$=0.18～0.5左右。计算时可查图3-5-2，电阻·电容分相式电动机电能效率曲线求$\cos\varphi\cdot\eta$之值。

三、电动机电流

$$I = \frac{P_S}{V_N} \quad （安） \qquad （3—25）$$

式中：V_N——电动机额定电压，伏。

四、电动机气隙有效磁通

$$\phi = \alpha_\delta \tau l B_\delta \quad （马） \qquad （3—26）$$

式中：α_δ——极弧系数，一般取0.6～0.73之间，估算时可取0.67。

τ——极距，厘米。

五、定子齿部磁密校验

$$B_t = \frac{B_\delta \cdot t}{0.93b} \quad （高斯） \qquad （3—27）$$

式中：t——定子齿距，$t = \frac{\pi D}{Q_1}$，厘米。

b——定子齿宽，厘米。

齿部磁密按上式计算的数值不应超过14000～18000高斯，如超过应降低气隙磁密B_δ重算。

（注：Q_1——定子槽数）

六、定子轭部磁密校验

$$B_c = \frac{\phi}{1.86h_c l} \quad （高斯） \qquad （3—28）$$

式中 h_c——定子轭部高度，厘米。

按上式计算B_c值不应超过19000高斯，否则要重选B_δ再算。

七、定子绕组系数计算

分相电动机的主、副绕组所占槽数不等，一般主绕组占总槽数的2/3，副绕组占总槽数的1/3，所以主、副绕组的绕组系数k_{dpm}及k_{dpa}应分别计算，或根据表3—1及表3—2查出分布系数和短矩系数再计算它们的绕组系数。但在重绕计算中可近似这样取绕组系数集中式绕组取1，单迭绕组取0.9，正弦绕组取0.78。

八、主绕组串联总匝数W_m

$$W_m = \frac{K_E V_N 10^8}{4.44 f \phi k_{dpm}} \text{（匝）} \qquad (3-29)$$

式中 K_E——压降系数，取$K_E = 0.7 \sim 0.94$，功率较大电机取较大值。

九、主绕组每槽导体数

$$N_m = \frac{2W_m}{Q_m} \text{（根/槽）} \qquad (3-30)$$

式中 Q_m——主绕组占的槽数。

十、主绕组导线截面积

$$A_m = \frac{I}{j} \text{（毫米}^2\text{）} \qquad (3-31)$$

式中 j——导线电流密度，取$j = 4 \sim 8$安/毫米²。

十一、主绕组导线直径

$$d_m = 1.13\sqrt{A_m} \text{（毫米）} \qquad (3-32)$$

十二、副绕组串联总匝数W_a

$$W_a = KW_m \frac{k_{dpm}}{k_{dpa}} \text{（匝）} \qquad (3-33)$$

式中：k_{dpm}、k_{dpa}——主、副绕组系数。

K——副、原绕组的有效匝比，可按表3—3选定

表3—3　有效匝比K的范围

电动机类型	K值	备　　注
电阻起动电动机	0.4～0.7	K值增大而副绕组线径不变时，则起动转矩降低，起动电流减少。
电容起动电动机	0.7～1.2	K值增大而电容C不变时，则起动转矩、起动电流和电容器电压V_c增大，若需减少起动电流和V_c而不减少起动转矩时，可选用小电容C。
电容运转电动机	1.0～2.0	一般当电容C不变时，K值增大则起动转矩增大。

由表可见，副绕组串联匝数W_a的选择，很大程度决定于单相电动机的起动性能。

十三、副绕组导线截面

由于副绕组起动后就退出运行，它是短暂通电，所以其电流密度可比主绕组大些，截面比主绕组小一些，一般按下式计算：

$$A_a = (0.5 \sim 0.25)A_m \text{（毫米}^2\text{）} \qquad (3-34)$$

十四、副绕组导线的直径

$$d_a = 1.13\sqrt{A_a} \text{（毫米）} \qquad (3-35)$$

十五、起动电容器的选择

起动电容器的容量可按下式求得：

$$C_c = \frac{35000I}{2PfV_N\cos\varphi} \text{（微法）} \qquad (3-36)$$

式中：　f——电源频率，赫，

$\cos\varphi$——电动机的功率因数，可按图3-5-2选取$\eta\cdot\cos\varphi$值后，η约为0.55～0.75，从而算出$\cos\varphi$值。

起动电容器的耐压选择可按下式求得

$V_c \geqslant 1.42V_N$（伏）

可根据计算值选用标准电容量和电压值。

重绕计算是在一定的指标范围内考虑的，计算结果不一定符合使用要求，如果不符合使用要求时，可根据下列情况修改。

（1）如起动转矩过小时，可以增加电容器的容量或增加有效匝比K。

（2）起动电流过大时，应增加副绕组的匝数，并同时减小起动电容器的电容量。

（3）起动时如电容器上的电压过高，则应增加电容量或增加电容器的电压值等级。或者增加副绕组的电阻。

一般近似计算可按电动机的容量参照表3—4来选用电容器亦可。

表3—4　电容量选用表

电动机容量（瓦）	15	25	40	60	90	120	180	250	370	550	750
电动机极数	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4	2/4
工作电容器电容（微法）	1.2	1.2/2	2/2	2/4	4/4	4/4	4/6	6			
起动电容器电容（微法）						75	75	100	100	150	200

〔例二〕有一台单相电动机空壳，测量铁芯数据为：定子外径D_a=14.5厘米，内径D_i=8.2厘米，铁芯长度l=6.4厘米，齿宽b=0.3厘米，铁轭高度h_c=3厘米，定子槽数Q_1=24槽。现欲绕成电容分相式电动机，使用于交流220伏电源上，试求绕组数据和选择起动电容器。

解：

一、电动机的功率估算

$$P_s = \frac{D_i^2 l B_\delta A n_1}{10^9}$$

选 B_δ =4600高斯，A=120安/厘米，　　2P=2

n_1=3000转/分

$$P_s = \frac{8.2^2 \times 6.4 \times 4600 \times 120 \times 3000}{10^9} = 713\text{伏安}$$

二、电动机输出功率

取$\eta \cdot \cos\varphi = 0.5$

$$P_N = P^s \cdot \eta\cos\varphi = 356.5\text{瓦}$$

取P_N=350瓦，查图3-5-2得 $\eta\cos\varphi = 0.47—0.53$与预取值接近。

三、电动机电流

$$I = \frac{P_S}{V_N} = \frac{713}{220} = 3.2\text{安}$$

四、电动机气隙有效磁通

$$\text{极距}\tau = \frac{\pi D_i}{2P} = \frac{\pi \times 8.2}{2} = 12.9\text{厘米}$$

$$\phi = \alpha_\delta \tau l B_\delta = 0.67 \times 12.9 \times 6.4 \times 4600$$

$$= 254450\text{马}$$

五、定子齿部磁密校验

定子齿距

$$t = \frac{3.14 D_i}{Q_1} = \frac{3.14 \times 8.2}{24} = 1.07\text{厘米}$$

齿部磁密

$$B_c = \frac{B_\delta t}{0.93b} = \frac{4600 \times 1.07}{0.93 \times 0.3} = 17640\text{高斯}$$

六、定子轭部磁密校验

$$B_c = \frac{\phi}{1.86 h_c l} = \frac{254450}{1.86\times 3\times 6.4} = 7125 \text{高斯}$$

由计算结果定子齿、轭部磁密均未超过允许值，故初选 $B\delta$ 值可以使用。

七、定子绕组系数

采用整距单层迭绕组，故 $k_{dpm} = k_{dpa} = 0.9$

八、主绕组串联总匝数

$$W_m = \frac{K_E V_N \times 10^8}{4.44 f \phi k_{dpm}}$$

取压降系数 $K_E = 0.8$

$$W_m = \frac{0.8\times 220\times 10^8}{4.44\times 50\times 254450\times 0.9} = 346 \text{匝}$$

九、主绕组每槽导体数

选 $Q_m = \frac{2}{3} Q = \frac{2}{3} \times 24 = 16$ 槽

$$N_m = \frac{2W_m}{Q_m} = \frac{2\times 346}{16} = 43.25 \text{根/槽}$$

取 $N_m = 43$ 根/槽

则实际主绕组匝数

$$W_m = Q_m \times \frac{N_m}{2} = 16\times \frac{43}{2} = 344 \text{匝}$$

十、主绕组导线截面积

取电流密度 $j = 5.4$ 安/毫米^2

$$A_m = \frac{I}{j} = \frac{3.2}{5.4} = 0.593 \text{毫米}^2$$

十一、主绕组导线直径

$$d_m = 1.13\sqrt{A_m} = 1.13\sqrt{0.593} = 0.87 \text{毫米。}$$

可选用QX型高强度漆包圆线，标准直径为 $\phi 0.86$，其

标准截面积为0.581毫米^2

十二、副绕组串联总匝数

取有效匝比$K=1.1$，且$K_{dpa}=K_{dpm}$

$$W_a=KW_m=1.1\times344=378\text{匝。}$$

十三、副绕组每槽导体数

$$N_a=\frac{2aW}{Q_a}=\frac{2\times378}{8}=94.5\text{根/槽。}$$

取$N_a=94$根/槽

则实际副绕组匝数

$$W_a=Q_a\times\frac{N_a}{2}=8\times\frac{94}{2}=376\text{匝。}$$

十四、副绕组导线截面

$$A_a=0.4A_m=0.4\times0.593=0.238\text{毫米}^2\text{。}$$

十五、副绕组导线直径

$$d_a=1.13\sqrt{A_a}=1.13\sqrt{0.238}=0.55\text{毫米。}$$

可选用标准直径ϕ0.55毫米的QZ型高强度漆包圆线，其标准截面积为0.238毫米^2。

十六、起动电容器的选择

根据表3—4选得起动电容值为100微法。

§3·5—3 电容运转式电动机重绕计算

电容运转式电动机的重绕计算与分相式电动机基本上相同，但由于它是主、副两相同时投入运行，所以有以下不同之点：

一、电动机的功率估算

电容运转电动机估算输出功率时取电能效率$\cos\cdot\eta=0.46\sim0.68$，也可参照图3-5-3选取。

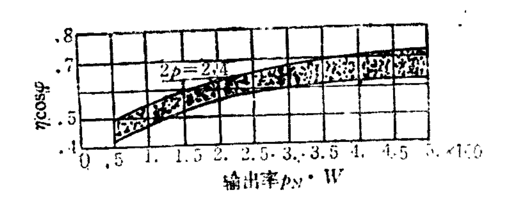


图3-5-3　电容运转单相电动机电能效率曲线

二、电动机电流

输入电流 $I=\frac{P_s}{V_N}=\frac{P}{\cos\varphi\cdot\eta V_N}$（安）（3—37）

因为此时是"两相"绕组同时投入运行，主绕组的电流为：

$$I_m=\frac{P_s}{\sqrt{2}V_N}=\frac{P_N}{\eta\cdot\cos\cdot\sqrt{2}V_N}=\frac{I}{\sqrt{2}}(\text{安})\quad(3-38)$$

三、定子绕组系数计算

此时主、副绕组各占槽数相等，即 $Q_m=Q_a=\frac{1}{2}Q_1$，主、副绕组系数也相等，仍按绕组型式取之，即集中式绕组取1，单迭式绕组取0.9，正弦绕组取0.78。

四、主、副绕组的计算

主、副绕组计算时，副、主绕组的有效匝比K仍按表3—3选定，此时K=1.0～2.0。

此时由于副绕组处于长期运行，所以副绕组导线截面积与主绕组导线截面积之比等于主绕组串联匝数与副绕组串联匝数之比，即

$$\frac{A_a}{A_m}=\frac{W_m}{W_a}\qquad(3-39)$$

式中 A_a——副绕组导线截面积（毫米²）；

A_m——主绕组导线截面积（毫米²）；

W_m——主绕组串联匝数；

W_a——副绕组串联匝数。

五、电容器的选择

因运行电容器长期接入电路，不宜用电解电容器，常用纸介电容器，但最好选用油浸密封型电容器。计算时应先从图3-5-3中查得$\eta\cdot\cos\varphi$，并设$\eta=0.55\sim0.75$，估算出功率因数$\cos\varphi$，然后用下面的经验公式选择电容量

$$C_P=\frac{120000I}{2PfV_N\cos\varphi}\ (微法)\qquad(3-40)$$

运行电容器工作电压可按下式选择：

$$V_P\geqslant(2\sim2.3)V_N\quad(伏)\qquad(3-41)$$

可根据计算值选用标准电容器和电压值。或按表3－4选取。

〔例三〕现有一台电容运转电动机空壳铁芯，其功率$P_N=120$瓦，电压$V_N=220$伏，电流$I_N=0.89$安，转数$n=2850$转/分。由测量铁芯得：定子铁芯外径$D_1=10$厘米，内径$D_i=6$厘米，铁芯长度$l=4.6$厘米，轭高$h_c=2$厘米，齿宽$b=0.3$厘米，定子槽数$Q_1=24$槽。试求绕组数据和起动元件。

解：

一、电动机气隙有效磁通

极距$\tau=\dfrac{\pi D_i}{2P}=\dfrac{3.14\times6}{2}=9.42$厘米

选$B_\delta=4500$高斯，$\alpha_\delta=0.67$。

$$\phi=\alpha_\delta l\tau B_\delta=0.67\times9.42\times4.6\times4500=130650\ 麦$$

二、校验铁芯各部磁密

定子齿距

$$t=\frac{\pi D_i}{Q_1}=\frac{3.14\times 6}{24}=0.785\text{厘米}$$

齿部磁密

$$B_t=\frac{B_\delta t}{0.93b}=\frac{4500\times 0.785}{0.93\times 0.3}=12660\text{高斯}$$

轭部磁密

$$B_c=\frac{\phi}{1.86h_c l}=\frac{130650}{1.86\times 2\times 4.6}=7635\text{高斯}$$

齿部及轭部磁密均在允许范围以内。

三、绕组选择及绕组系数

选用单选绕组，其绕组系数为0.9,

四、主绕组串联总匝数

选压降系数$K_E=0.9$

主绕组串联总匝数

$$W_m=\frac{K_E V_N\times 10^8}{4.44fk_{dpm}\phi}=\frac{0.9\times 220\times 10^8}{4.44\times 50\times 0.9\times 130650}=759\text{匝}$$

五、主绕组每槽导体数

选主绕组槽数 $Q_m=\frac{1}{2}Q=\frac{1}{2}\times 24=12$槽

$$N_m=\frac{2W_m}{Q_m}=\frac{2\times 759}{12}=126.5\text{根/槽}$$

取$N_m=126$根/槽

则实际主绕组匝数

$$W_m=Q_m\times\frac{N_m}{2}=12\times\frac{126}{2}=756\text{匝}$$

六、主绕组导线截面积

$$A_m=\frac{I_m}{j}$$

$$I_m=\frac{I_N}{\sqrt{2}}=\frac{0.89}{1.41}=0.63\text{安},$$

选用导线电流密度$j=4.8$安/毫米²,

$$A_m=\frac{I_m}{j}=\frac{0.63}{4.8}=0.13\text{毫米}^2。$$

七、主绕组导线直径

$$d_m=1.13\sqrt{A_m}=1.13\sqrt{0.13}=0.41\text{毫米}。$$

可选用标准直径ϕ0.41毫米的QZ型高强度漆包圆线，其标准截面积应为0.1320毫米²。

八、副绕组串联总匝数

取$K=1.3$,

$$W_a=K\cdot W_m=1.3\times 756=983\text{匝}。$$

九、副绕组每槽导体数

$$N_a=\frac{2W_a}{Q_a}=\frac{2\times 983}{12}=164\text{根/槽},$$

则实际副绕组匝数

$$W_a=Q_a\times\frac{N_a}{2}=12\times\frac{164}{2}=984\text{匝}$$

十、副绕组导线截面

$$A_a=A_m\frac{W_m}{W_a}=0.1320\times\frac{756}{984}=0.101\text{毫米}^2。$$

十一、副绕组导线直径

$$d_a=1.13\sqrt{A_a}=1.13\sqrt{0.101}=0.359\text{毫米}$$

可选用标准直径为ϕ0.38 毫米的QZ型高强度漆包圆铜线，其标准截面积应为0.1134毫米²。

十二、运行电容的选择

根据表3—4选得运行电容值应为4微法。

第四章　单相异步电动机的运行

第一节　单相异步电动机的运行条件和性能

单相异步电动机是要把电能变为机械能的机器，它具有自己的运行条件和性能。为了保证单相异步电动机的正常运行，必须合理选择和正确使用。所谓合理选择，就是根据电动机所带机械负载的运行条件，选定能够满足其各方面要求的、最佳经济效益的电动机，所谓正确使用，就是要符合电动机本身的使用、维护要求及其运行特性来进行安装、运行和维护。

§4·1—1　单相异步电动机的运行条件

异步电动机的机座上都有一块铭牌，给用户提供了简要的正确运行条件。我们必须正确地了解铭牌，综合起来，主要指明了电源条件、环境条件和负载条件。

一、电源条件

电压：指接到电机绕组上的额定电压，电机所接的电源电压值的变动一般不应超过额定电压的±5％。电压过高，电机容易烧毁；电压过低，电机难以起动，即使起动后电机也可能带不动负载或因电流增大，绕组温度上升，使电机烧坏。电压以伏（V）为单位计算。

电流：电机在额定电压下、输出额定功率时，流入定子绕组的电流称为额定电流。以安（A）为单位计算。若超过额定电流过载运行时，时间一长，电机定子绕组温度上升，

绝缘老化，从而将电机烧毁。

转速：指在额定电压、额定频率和额定负载情况下、电机每分钟的转数。定子旋转磁场的同步转速可用下式计算

$$n_1=\frac{60f_1}{P}$$

式中：f_1---电源频率；

P——极对数。

对于异步电动机，转速都略低于同步转速，如四极台扇，其转速约为1400转/分，我国规定标准电源频率为50周/秒或称为50赫兹。

当频率低于额定值时，功率因数cosφ将降低，转速下降，温升也稍有升高。

二、环境条件

电动机运行地点的环境温度、海拔高度必须符合技术条件的规定。其防护能力也必须与其工作场所的周围环境条件相适应，

三、负载条件

电动机的性能应与起动不同定额的负载和变速或调速等负载条件相适应，使用时其负载功率不应超过电动机的额定功率。

§4·1—2　单相异步电动机的基本性能

一、额定功率

所谓额定功率，表示在满载运行时，电机轴上所输出的额定机械功率，这个功率比电机从电源吸取的功率小。

在运行的情况下，电动机实际输出的功率与负载的轻重有关，当电动机的输出功率增加时，其定子和转子电流都要增大。电流的增大，导致定子绕组和转子的发热增加，电动

机的温度随之升高，当温度超过一定数值时，电机内部的绝缘材料老化过程会加速，从而使电动机的寿命降低，温升过高时，还会使电动机很快烧毁。为了不使电动机烧毁，设计时每台电动机都规定了一个输出功率的限度——额定功率或称额定容量。

二、效率

在运行时电动机内部有能量损耗（所谓铜损和铁损），这就使得电动机从电源中吸取的功率（P_1）大于输出的功率（P_2），我们将P_2与P_1的比，叫做电动机的效率，写成

$$\eta=\frac{p_2}{p_1}\times 100\%。$$

因为P_2总小于P_1，所以电动机的效率η总是低于1。效率愈低，表明电动机内部消耗的能量愈大。单相异步电动机的效率一般在30～70%之间。满载运行时效率最高。空载时，因输出功率P_2等于零。而电机转动时需要从电源吸取能量即P_1不会等于零。因此，其效率$\eta=0$，单相异步电动机的效率比三相异步电动机的低。

三、功率因数

电动机的定子绕组对电源来说是一个电感性负载，因此，电动机在运行时，定子绕组中电流的相位比电压相位滞后一个角度“φ”，这个角度的余弦就叫做电动机的功率因数，用cosφ表示。

功率因数cosφ与电动机所带负载的大小有很大关系。电动机空载时，功率因数很低，随着负载的增加，电动机的功率因数也提高，满载运行时，功率因数最高。单相异步电动机的功率因数在0.6～0.98之间。有电容器参加运行的单相电容式电动机的功率因数最高。其它分相式电动机、

罩极式电动机及电容起动式电动机的功率因数都较同等容量的三相异步电动机低。

四、电动机的过载系数

异步电动机的过载系数是衡量电动机短时过载能力和运行稳定性的一个重要依据，电动机的最大转距与额定转矩的比值叫做电动机的过载系数，用λ表示

即：$$\lambda=\frac{M_{max}}{M_N}。$$

一般单相异步电动机过载系数为1.8～2.2。异步电动机在额定电压U_N、额定转速n_N下运行时，电动机转轴获得的电磁转矩称为异步电动机的额定转矩，通常用M_N表示，如图4-1-1所示。

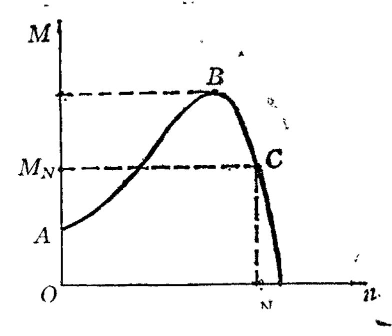


图4—1—1　转矩曲线M=f(n)

额定输出转矩可用下式计算：

$$M_N=975\frac{P_N}{n_N}$$

式中：P_N—电动机额定功率；

n_N—电动机额定转速。

由上式可看出：输出功率相同的电动机，极数多的转速低、转矩大；极数少的转速高，转矩小。

一般说，负载的阻力转矩应该等于或小于额定转矩，即工作点应位于图4-1-1中转矩曲线ABC的C点或C点的右边。如果电机工作在C点的左边、B点的右边，则说明阻力矩大于电动机的额定转矩，此时，电动机所输出的功率将

大于其额定功率，定子绕组和转子中的电流都将大于额定值，我们称这种现象为过载。短时的过载对电机不会产生大的影响，时间长了则有可能产生过热现象。

图4－1－1中，转矩曲线ABC中的最高点B所对应的转距称为电动机的最大转矩M_{max}。如果在电动机稳定运行时将负载阻力距增加到大于最大转矩M_{max}，转子转速将迅速跌落直至停转，电动机无法工作。

另外，最大转距M_{max}的大小和外加电源电压的平方成正比，即M_{max}正比于U_1^2。所以，加在电动机定子绕组上的电压U_1增大时，最大转矩M_{max}也将与电压U_1成平方比例地增加。反之，若加在电动机定子绕组上电压U_1减小，最大转矩M_{max}也将与U_1成平方比例地减小，此时电动机的过载能力降低，使用时要十分注意。

五、电动机的起动特性

单相异步电动机的起动特性与三相异步电动机一样，主要涉及到两方面的问题：其一是起动电源；其二是起动转矩。

当异步电动机在接通电源开始起动的瞬间，由于转子还是静止的，故旋转磁场的转速和转子绕组有着最大的相对运动，使转子鼠笼条中的感应电势最大，因之转子电流也很大。

众所周知，异步电动机的定子电流是随着转子电流变化而相应地变化的，所以定子电流也很大，对于单相异步电动机来说，一般可达额定电流的2.5～7.5倍。这样大的起动电流对电机是不利的，特别是在起动频繁的场合，要密切注意电动机的过热。

单相异步电动机的起动转矩以罩极式电动机的最小，仅

为额定转距的30～80%；以电容起动式电动机和电容起动电容运转式电动机最高，约为其额定转矩的2.5～3.5倍。之所以有如此大的差别，主要在于异步电动机的起动转矩和转子的功率因数有关，前者功率因数低，而后者的功率因数高。

有些负载在起动时，负载阻力矩很小，随着转速的上升，其阻力矩逐渐增大。例如鼓风机、电风扇、水泵等。另有一些负载，在起动时，其负载阻力矩比额定转矩大得多，例如：冷冻机、压缩机、深井泵和切烟丝机等。因此，在选用配套的单相异步电动机时，应充分考虑这些情况。

七、温升

电动机在运行中，绕组的铜损耗和铁芯的涡流损耗以及其它能量损耗都在电机内部转化为热量，使电机的温度逐渐升高。当电机的温度高于周围环境温度时，热量就向四周散发。所以，电机在一定负载下运行时，开始一段时间，电机的温度不断升高，当电机向周围环境散发出的热量和电机内部产生的热量达到平衡时，电机的温度便达到某一稳定值，不再升高。这个稳定的温度与周围环境温度之差称为稳定温升，一般中、小型电机运行4～5小时便可达到稳定温升。

电动机的温升不仅与其内部损耗的大小有关，而且与其工作状态有关。例如，在损耗相同的情况下，电机连续运行24小时与断续运行24小时相比，前者温升较高。在电动机的铭牌上对电机的运行方式都有规定。根据我国电机基本技术要求（GB755—65），按照运行的持续时间及顺序，定额分为：连续定额，短时定额，断续定额，下面分别加以说明之。

1、连续定额电机。按照规定的全部电量和机械量的数值，可以不受时间的限度连续运行的电机，称为连续定额电

机。

2、短时定额电机。按照规定的全部电量和机械量的数值，在规定的持续时间限值内运行（由实际冷状态开始）的电机，称为短时定额电机，标准的持续时限值分为10，30，60，90分钟四种。

3、断续定额电机。按照规定的全部电量和机械量的数值，长期运行于一系列完全相同周期的电机，称为断续定额电机。每个周期包括一个额定负载时间和一个停止时间，在停止时间内电机完全停止运行，所有电的或机械的输入功率均被切断。每个周期为10分钟，额定负载与整个周期之比称为负载持续率，用百分数表示，标准的负载持续率为15%、25%、40%或60%。

电机的温升与电机内部的热源（各种损耗）和运行方式有关，但是电机的稳定温升还与电机向周围环境散热的能力有关系。电机的散热能力由电机的温升、散热表面积大小和表面的散热系数决定的。

电机散热的方式有对流、传导、辐射三种方式。但是电机绕组和铁芯中的散热以传导为主，定子和转子表面的散热以对流为主，所以要降低电机的温升可以增强电机内部的传热能力和电机表面的散热能力。一般中小型电机都装有风扇自冷，使空气以较快的速度吹拂电机表面，增强电机的散热能力。

电机在正常运行时，它的温度究竟允许达到多高呢？就电机中的金属材料铜和铁来说，它们的耐热性是相当高的，耐热性较低的主要是绕组的绝缘材料。如果电机温度过高将使电机的绝缘材料老化或损坏；电机的寿命将明显缩短。实验指出：电机的工作温度每提高8℃则绝缘的使用期限将缩

短一半，这就是所谓“八度规则”。电机所用绝缘材料按它们允许的最高温度分为若干等级，如表4—1—1所示。

表4—1—1　绝缘材料的等级及耐温

绝缘等级	A	E	B	F	H	C
允许最高温度℃	105	120	130	155	180	180以上
材料举例	浸渍处理过的有机材料，如纸、棉纱等	聚脂薄膜、三醋酸纤维、薄膜、聚乙稀等	云母带、云母纸、玻璃漆布、甘油树脂，虫胶等	云母、石棉、玻璃纤维等用合适的树脂作粘合剂	云母，石棉、玻璃纤维等用硅有机树脂作粘合剂	天然云母，玻璃、陶瓷、聚四氟乙稀。

表中所列绝缘材料等级的最高允许温度，是根据绝缘材料能保证电机在一定期限内（一般为15至20年）可靠地工作而规定的。

电机铭牌上只标明绝缘等级，例如铭牌上标明的绝缘等级为E级，即说明该电机定子绕组允许的平均温升为80℃。（我国规定允许温升是指在环境40℃及在海拔1000米高度以下的条件下定子绕组的稳定温升）

第二节　单相异步电动机的调速和反转

§4·2—1　单相异步电动机的调速

我们已经知道异步电动机的转速关系式为

$$n=n_1(1-S)=\frac{60f_1}{p}(1-S) \qquad (4-1)$$

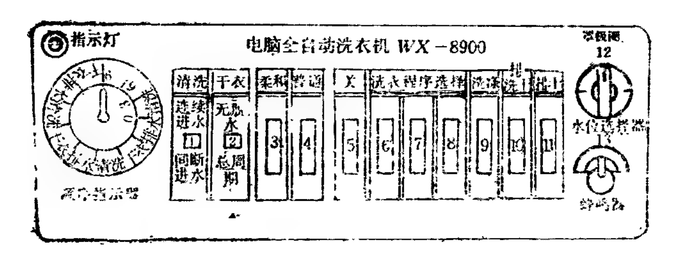


图 5－3－8　控制板面图

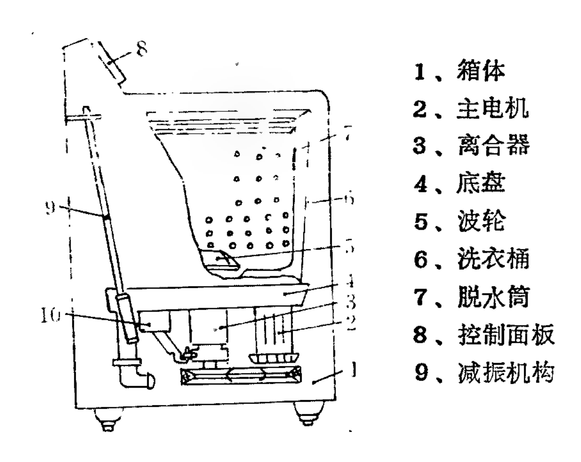


图 5－3－9　WX—8900型全自动洗衣机结构图

将脱水扳钮 2 向下拨在“总周期”位置时，洗衣机可自动完成洗、排、甩的全过程；当向上拨在“无脱水”位置时，洗衣机在最后一次排水前停止动作，可使一些轻薄的丝绸等衣物不会因甩干而绞皱。

按下“柔和”按钮 3，洗涤过程中水流冲击力较柔和，

适用于洗涤丝绸轻薄衣物。

按下“普通”按钮4，洗涤过程中的水流冲击力强烈，适用于洗涤棉、麻及普通合成纤维等一般衣物。

6、7、8三个按钮为洗衣程序选择钮，使用时选择其中任一个按下，从而选定了洗衣全过程的时间。按钮6的选定时间为15分钟；按钮7的选定时间约为25分钟；按钮8的选定时间约为30分钟。

为了节约用水和节约洗涤剂，当所洗衣物超过洗衣机额定洗衣量时，可分别按动9、10、11三个按钮来控制洗涤过程。当按下洗涤钮9时，洗衣机只进行洗涤，洗涤液可反复使用，将衣服一批一批进行洗涤，不排水、不甩干。当洗涤液洗最末一批衣物时，将衣物放入洗衣桶后，按下按钮10，洗衣机进行清洗和甩干。如果只需甩干衣服，可按下按钮11，洗衣机进行甩干动作。

水位选择器旋钮12，可按照洗衣量的多少选择水位的高低。

当洗衣过程结束时，蜂鸣器自动发出声音信号，旋钮13可控制音量大小。

按钮5的作用是配合顺序指示器进行跳步。洗衣机的工作过程在顺序指示器上如实显示出来，当指示器在某一程序而需要跳过这一程序时，按下按钮5，洗衣过程将快速步进到需要的位置。

只要根据上面的说明按相应的按钮，洗衣机就自动完成所选定的程序，自动将衣物洗净并甩干。

乐华牌WX—8900全自动洗衣机的控制面板上，还标有“电脑全能自动洗衣机”字样，这种电脑是电器程序控制器。

第四节　洗衣机常见故障及其排除方法

§5·4—1　普通洗衣机常见故障及其排除方法

普通洗衣机常见故障及其排除方法详见下表：

5—4—1　普通洗衣机故障排除方法

故障现象	基本原因	排除方式
洗衣机排水速度减慢	排水阀或排水管内有异物堵塞	松开排水管夹子，拆下排水管、清除异物
洗衣机不能排水	1、排水阀拉线太松，不能将阀门打开 2、异物将阀门堵死	1、将拉线拉紧 2、清除异物
洗衣机发生杂音或异常声响	1、洗衣桶与箱体间紧固体松动 2、电机风叶固定螺钉松动或电机的某个固定螺钉松动 3、三角皮带破损 4、轴承破碎	1、将紧固体固死 2、将松动螺钉固好 3、换三角皮带 4、换新轴承
洗衣时衣物翻滚减弱	三角皮带过于松弛	松开电机紧固螺钉，把电机座向外移动，将三角皮带调紧，再紧固好电机，若三角皮带松弛过度应更换三角皮带
洗衣桶底部漏水	1、主轴密封圈（水封）失效，排水阀密封橡胶圈老化。 2、洗衣桶质量差或老化产生裂缝 3、排水管与排水阀连接不严 4、排水管破裂渗漏	1、换新的水封，换橡胶圈 2、用密封填料进行修补或换新桶 3、重新连接好 4、换新的排水管
定时器走时不准确	定时器装配时不精确	重新调整，振子与棘轮间的距离。距离调近定时延长，距离调远定时缩短
定时器发条不能上卷	发条断条或脱钩	更换发条或重新挂钩
定时器打火	定时器触头烧蚀或弹片压力减退	用金相砂纸磨修触头，并用小摄子调整弹片，使其保持正常接触或断开
电机不转并有臭味	1、电容器损坏 2、电动机烧毁	1、更换电容器 2、修理电机定子绕组

§5·4—2 全自动洗衣机常见故障及检修方法

现以国产乐华牌wx—8900为例说明全自动洗衣 机 的常见故障及检修方法，表中有关结构，参见图5-3-9，有关电路参看图5-3-7。

表5—4—2 全自动洗衣机故障检修

故障现象	故障原因
进水阀进水太慢	1、进水管连接口过滤网有异物堵塞 2、自来水水压太低
进水阀漏水	进水阀皮碗里有杂质，封不死
进水阀不进水	T_2—a—继电器（R_3）—NC—CO—NC—T_3—a—进水阀电路中断；自来水阀门关死；进 水 阀 本 身堵塞，进水阀线圈开路
进水阀进水断续（包括洗衣时）	压力开关中CO—NC，CO—NO触点压 力不够，因此水位微小变动，引起CO—NC切 换 到CO—NO或CO—NO切换到CO—NC
进水阀进水不止	压力开关中CO—NC触点闭合后不切换
波轮不转	1、压力开关中CO—NO不接 通；2、T_6与T_6b、T_{10}—T_{10}a不通；3、继电器（NC）—R_3—D（程控电机）不通；4、电容失效；5、波轮轴卡死（轴衬年久失油、主轴里有污物）；6、电机断线或维修时电机线路接错。
洗衣桶洗衣时与波轮一起转	1、离合器刹车失效，引起洗衣桶顺时针转； 2、离合器中保险扭簧脆断，引起洗衣桶逆时针转
洗衣桶脱水时不转	1、衣服太多，超过额定容 量 的115%；2、小棘轮内扭簧疲劳、脆断；3、电磁铁 不 起 作用（断线或断路）
洗衣桶制动性能不好	1、刹车带失效； 2、离合器刹车调节螺钉松动
排水阀不排水	1、电磁铁开路或断路；2、门开关失灵或不通（盖可能开着）；3、T_1—a，T_3—b不接 通；4、压力开关中CO—NO不接通；5、继电器上下不接触； 6、排水阀被异物堵塞
漏　水	1、管接处长期振动脱胶；2、排水 阀 皮 圈密封不好；3、电磁铁卡死；4、盛水桶开裂或紧固螺钉松动；5、离合器密封圈磨损。
洗衣机振动大，杂音大	1、离合器轴承需加油；2、电机轴承磨损严重； 3、某些部件紧固螺钉松动；4、调节支 脚 压 簧失效；5、调杆弹簧失效
程序控制不启动	1、电源插头松动或断线； 2、T_2与T_2b，T_2与T_2a接触不良； 3、继电器的R_3与NC不接触。

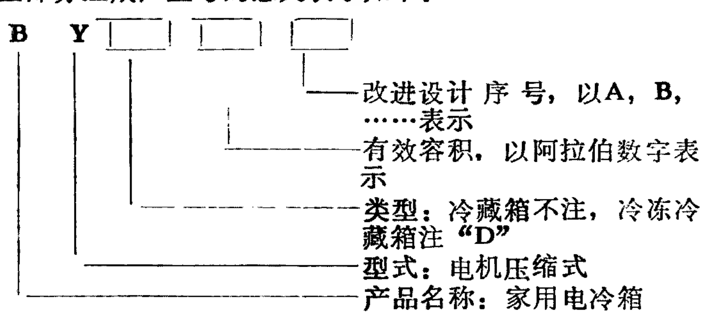
第五节　电冰箱

电冰箱是一种小型的制冷设备，用于冷藏物品。随着人们生活水平的提高，家用电冰箱已进入千家万户，作为冷藏或冷冻食品的高档家用电器。

电冰箱种类繁多，按制冷方式不同可分为电机压缩式冰箱、吸收式（直冷式）冰箱、电磁振荡式冰箱和半导体冰箱；按结构方式不同可分为单门、双门、三门、对开门和四门冰箱；按放置方式不同可分为立式、卧式、台式、壁式和手提式冰箱；按容积大小可分为50升、75升、100升、120升、130升、150升和200升冰箱；按除霜方式不同可分为手动化霜冰箱、半自动化霜冰箱、全自动化霜冰箱；按使用能源不同可分为电能冰箱、太阳能冰箱、煤气冰箱、煤油冰箱。

§5·5—1　家用电冰箱的命名法及星级的划分

根据《中华人民共和国轻工业部标准家用电冰箱SG215—80》规定，250升以下电机压缩式家用电冰箱的产品型号由五部分组成，型号的意义表示如下：



例如：BY200——200升电机压缩式家用冰藏箱

BYD200A——200升电机压缩式第一次改进家用冷冻冷藏箱

为了表示电冰箱冷冻室温度的不同等级、国际上有统一的星级规定，如表5—5—1所列。

表5—5—1

冷冻室性能级别	冷冻负荷温度（℃）
(*)	不高于－6
(* *)	不高于－12
《* *》	不高于－15
(* * *)	不高于－18

星级共分四级，按星的多少依次为一星级、二星级、高二星级和三星级。没有星级符号的冰箱，被看作为一星级。

§5·5—2　电机压缩式电冰箱的构造和工作原理

电冰箱的侧视剖面如图5-5-1A所示，它由箱体、制冷系统和电路系统三部分组成，下面分别加以叙述。双门双温电冰箱外形和内部结构如图5-5-1B所示。

1、冷凝器
2、过滤器
3、电机—压缩机组
4、启动继电器
5、毛细管
6、蒸发器
7、温度控制器旋钮

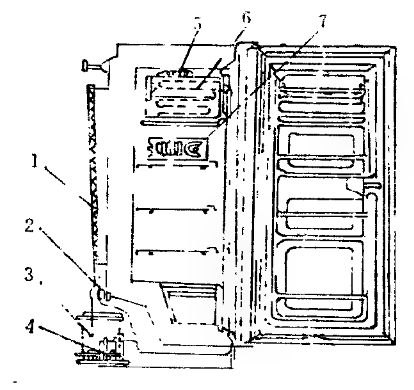
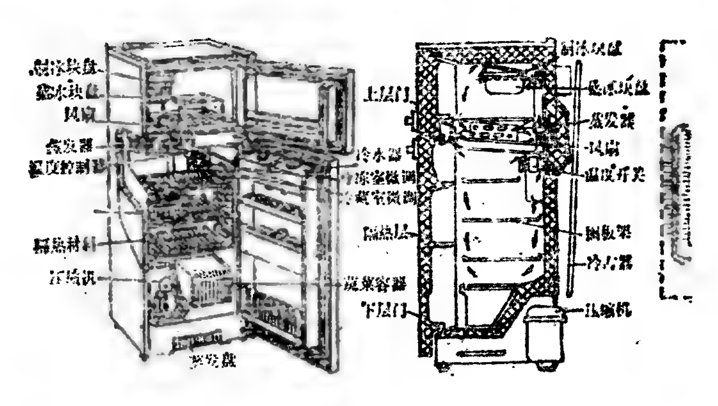


图5-5-1A　电冰箱的侧视剖面图

一、箱体

其外壳用薄铁板制成，表面喷漆，内壳多用塑料制成，夹层中填有良好的绝热材料（新式的多用F—11发 泡聚氨脂泡沫塑料或超细玻璃棉，老式的多用玻璃丝）。内壳所围绕的空间叫冷藏箱、箱内有几层托架，用于放置冷藏物品。箱门四周采用磁性门封，利用它的磁性将门吸在箱体上，它的密封性能良好。



（a）外形　　　　（b）内部结构

图 5－5－1 B　双门双温电冰箱外形和内部结构图

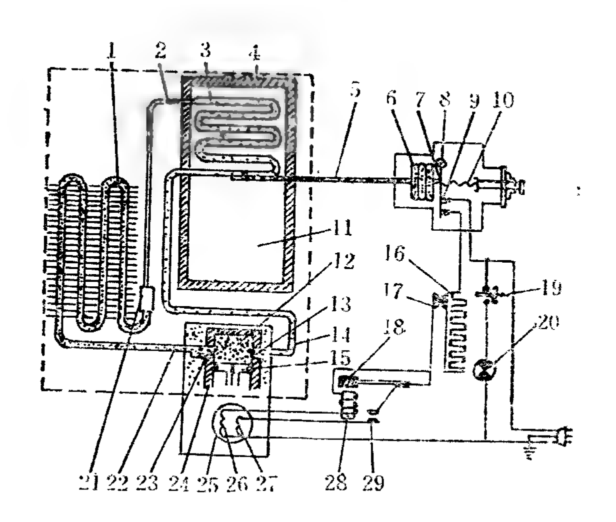
二、制冷系统

（一）制冷系统的主要部件

由压缩机、冷凝器、过滤器、毛细管和蒸发器组成。它们之间的连接如图 5－5－2 中的虚线方框内所示。

1、压缩机。

压缩机是电冰箱的“心脏”。一般为活塞式，它依靠活塞



1、冷凝器（散热器） 2、毛细管 3、蒸发器 4、箱体 5、温度控制器的感温管 6、皱摺囊（波纹管） 7、杠杆 8、杠杆支点 9、电接点 10、平衡弹簧 11、冷藏箱 12、气缸 13、低压阀片 14、低压管 15、话塞 16、电热丝 17、过载保护接点 18、衔铁 19、门触开关 20、照明灯 21、过滤器 22、高压管 23、高压阀片 24、压缩机 25、电动机 26、运行绕组 27、启动绕组 28、电磁铁线圈 29、启动接点

图 5-5-2 制冷系统示意图及电路系统图

的往复运动来抽压气体。

它和电动机一起组成封闭式的电机——压缩机组（由电动机带动压缩机工作，安装于电冰箱的底部。当压缩机工作时，不断地将在蒸发器内吸收了热量而变成气态的制冷剂抽吸回来，再压缩成高温、高压气体送至冷凝器冷却，从而推动制冷剂在制冷系统中不断循环。

2、冷凝器。

冷凝器由蛇形铜管和百叶窗式或平板式的散热板组成。百叶窗式的装于电冰箱背面，平板式的装于电冰箱底部。它的作用是将被压缩的气态制冷剂的热量散发到箱体外的空气中。通过散热冷却以后的气态制冷剂呈液体状态，因此，人们把它叫做冷凝器。又因为它放散热量，所以又叫散热器。即担负着放热和液化制冷剂的作用。

3、过滤器。

过滤器是在一个铜制的圆 筒 内，装入200～300目/平方寸的细铜网所构成的。安装在冷凝器的出口与毛细管的进口之间，用于过滤制冷剂在循环中从管道内带来的污物，以免堵塞毛细管。

4、毛细管。

毛细管是一根内径很小的紫铜管（内径为0.5～1毫米，长度为2～4.5米）。它的一端通过过滤器与高压管相通，另一端与蒸发器相连，制冷剂通过毛细管时，将遇到很大的阻力。因此，利用它可以控制制冷剂的流量，使流量保持恒定，这种作用叫节流作用。

由于毛细管的作用和压缩机的抽压作用，使制冷系统内各处的压力不相等，从压缩机的出口经冷凝器到毛细管的喷口这一段，压力很 高（约 为7.5～11.5公斤/厘米^2），称为高压端，从蒸发器经低压管到压缩机的入口这一段，压力较低（约为0.65～0.80公斤/厘米^2），称为低压端。只有维持这一恒定的压力差，才能保证一定流量的制冷剂在恒定压力下蒸发，从而获得稳定的制冷温度。

当被节流后的液态制冷剂离开毛细管的节流孔时，管道的截面又突然的增大数十倍，其压力同时降低为蒸发压力。

这时的制冷剂因体积膨胀（F—12制冷剂的特点 是能在低温低压下吸热而沸腾蒸发），便开始发生冷效应——大量吸收箱内热量，使之降温。

5、蒸发器。

封闭式家用电冰箱中的制冷蒸发器，目前国内外均采用内通路式双层铝合金板或双层不锈钢板制成，也称冻结室，其作用是吸收被冷却物质的热量，使节流膨胀后的低温低压液态制冷剂在其中吸热而沸腾蒸发。蒸发器与冷凝器的作用恰恰相反，它是将外部被冷却物的热量向内传导，使液态制冷剂在这里变为饱和的气态制冷剂，是将箱内的热量传递给制冷剂的热交换器。

（二）制冷剂

电冰箱最常用的制冷剂是氟利昂—12（CF_2Cl_2——二氯二氟甲烷），简称F—12。这种制冷剂无色、无 臭、无毒、不燃。在大气压力下，沸点为—29.8℃。常温下可用加压、降温的办法使它液化。但当压力减小时，它又可以迅速蒸发而变为气态。物态的变化伴随着热量的交换，从气态变为液态时放热，从液态变为气态时吸热。例如，在—15℃的温度下，每公斤氟利昂—12，蒸发时可吸收38.59千卡的热量。电冰箱就是利用它这一性质来制冷的。

由于F—12极易挥发，渗透力很强，只要有微 细小孔，就可以很快泄漏。而且不易发觉。因此，要求电冰箱的制冷系统必须严格密封、不允许有丝毫的漏气。

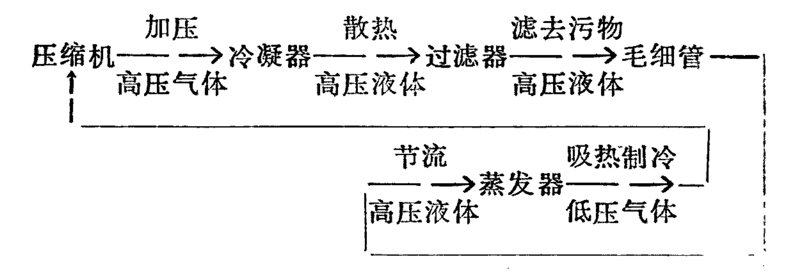
F—12不溶于水，因此 要求其含水量不得超过0.0025%，在灌入制冷系统以前，对制冷系统必须作严格的干燥处理。否则，制冷系统内的水份会在毛细管进入蒸发器的喷口处发生冻堵，引起故障。

F—12极易溶解于油中，利用这一性质可以在压缩机内加入一定量的油，用于润滑机器。

（三）冷冻原理

电动机启动后，电机带动制冷压缩机运转，低温低压的制冷剂从吸气管吸入压缩机进行压缩，压缩后形成高温（56℃左右）、高压（11.5公斤/厘米²）气态制冷剂，然后通过排气管送往冷凝器。高温、高压制冷剂在冷凝器中通过管壁向外界空气散热而降温，从而冷却变为低温高压液态制冷剂，通过过滤器滤除污物和吸附的水分，再通过毛细管节流和降压，最终到达蒸发器。在蒸发器里，由于压力突然降低，随即沸腾蒸发，制冷剂由液态变为气态，同时在沸腾蒸发过程中吸收冷藏或冷冻物品的热量。制冷剂蒸汽再次经低压吸气管进入压缩机，如此周而复始地循环，使箱内形成较低的温度。

制冷剂在制冷系统中循环时的变态可归纳如下：



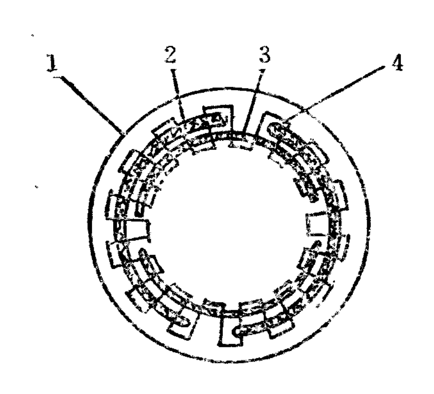
当压缩机停止工作后，由于毛细管的节流作用，高压端和低压端的压力不能马上平衡。液态制冷剂仍然通过毛细管继续向蒸发器流动，经过数分钟后，两端的压力达到平衡，制冷剂才停止流动。

三、电路系统

电路系统由电动机、启动继电器、温度控制器和照明电路组成，下面分别加以介绍。

（一）电动机

电冰箱中使用的电动机为单相异步电动机。它由定子和转子两部分组成，在定子槽中嵌有二个绕组：一个叫做运行绕组（嵌于槽底），另一个叫启动绕组（嵌于运行绕组上面），如图5-5-3所示。两个绕组的一端接在一起，成为公共端，另一端则分别引出。因此，它有三根引出线，通过接线柱引出机壳外面——分别用“运”、“启”、“公”三个字来表示。如图5-5-4的右边所示。这种电动机的特点是不能自行启动，必须借助启动继电器的帮助才能启动。启动时，两个绕组先后带电，启动后启动绕组自动断开，只留下运行绕组工作。



1、定子铁芯　2、运行绕组

3、启动绕组　4、定子槽

图5-5-3　单相电动机定子绕组

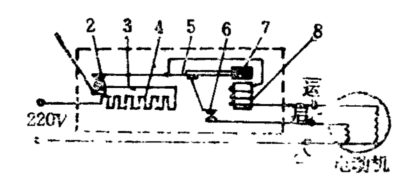


图 5-5-4　启动继电器示意图

1、永久磁铁　2、过载保护接点　3、双金属片　4、电热丝
5、弹簧片　6、启动接点　7、衔铁　8、电磁铁线圈

（二）启动继电器

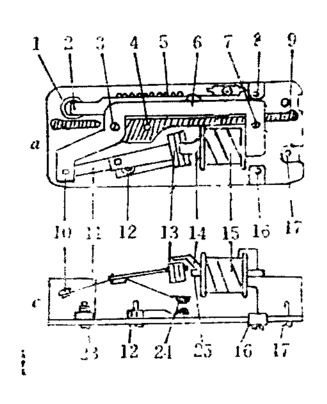
启动继电器是用在封闭式电冰箱上的，它有两个作用：第一，作为电动机的启动开关。第二，作为过载继电器，当电动机过载时，或者电源电压过低或过高时，能自动切断电源。

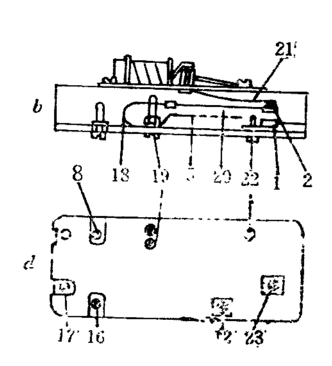
启动继电器的工作原理参看图5-5-4。

1、启动开关部分：由弹簧片5、启动接点6、衔铁7和电磁铁线圈8组成。电磁铁线圈和电动机运行绕组串联，启动接点和电动机启动绕组串联。给电动机通电时，运行绕组有电，这时因启动绕组尚未得电，电动机未转动，故电流很大（约为正常运转时的4～7倍），这个电流流经电磁铁线圈，电磁铁便有足够的磁力吸引衔铁而使启动接点闭合，从而接通了启动绕组电路，电动机开始转动。当转速达到一定值时，其运行绕组的电流显著减小（约为1～1.6安左右）。电磁铁的磁力也随之减弱，衔铁被弹簧片弹回原来的位置，启动接点打开，切断启动绕组电路，只留下运行绕组接在电路上，电动机进入正常运转。上述过程所需时间，就是启动时间，电冰箱的电动机正常启动时间应在半秒左右，最长不得超过3秒钟。

2、过载继电器部分：由过载 保 护 接点2、双金属片3、电热丝4和永久磁铁1组成。它的作用是当电动机启动不正常或其它原因而引起电动机的电流过大时，用来切断电路保护电动机。其工作原理如下，当电流过大时，电热丝被烧红，双金属片受热弯曲，过载保护接点断开，切断电路。经过一段时间（约5～10分钟）后，电热丝冷却，双金属片复原，接点闭合，电动机又重新运行。过载保护接点下方的一块永久磁铁，其作用是保证接点速通速断，以免产生火花而烧损。

启动继电器的实际结构如图5-5-5所示。





a、启动继电器正面图　　b、过载保护装置部分的侧视图

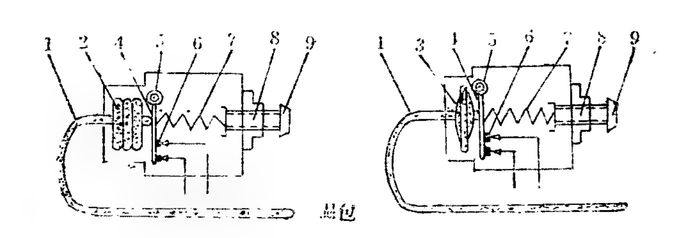
c、启动开关部分的侧视图　　d、背板图

1、永久磁铁　2、过载保护接点　3、7、铁片固定螺丝　4、固定继电器胶木盒盖的孔　5、电热丝　6、铁片　8、16、17、接线柱　9、胶木固定座　10、铁片尾部　11、弹簧片　12、启动接点（定接点）接线柱　13、衔铁　14、衔铁挡板　15、电磁铁线圈　18、支撑铜片　19、过载调节螺丝　20、双金属片　21、弹簧片　22、复位调节螺丝　23、连接电热丝的接线柱　24、启动接点（动接点）　25、电磁铁铁芯

图5-5-5　启动继电器结构示意图

（三）温度控制器

温度控制器是自动控制箱内温度的温控元件，起“自动开关”作用。它由一根细而长的感温管，可伸缩的皱摺囊（或膜合）、平衡弹簧、接点和一套杠杆机构组成，如图5-5-6所示



a、皱摺囊式　　　　b、膜合式

1、感温管　2、皱摺囊（又叫波纹管）　3、膜合　4、杠杆
5、杠杆支点　6、电接点　7、平衡弹簧（主弹簧）　8、调节杆
9、旋钮

图5-5-6　温度控制器示意图

皱摺囊与感温管连通（图5—5—6a）、内充制冷剂氯甲烷（或氟利昂—12），密封后将感温管的尾部卡于蒸发器管道的末端（即靠近低压管一端）。其工作原理如下：当蒸发器温度降低时，通过感温管的传递，使皱摺囊内气态制冷剂的压力减小，平衡弹簧压着皱摺囊迫使它收缩。同时推

〔注〕在实际工作中，过载继电器不是经常动作的，如果发现电冰箱连续不断地响几秒停几分钟钟，这就是过载继电器在动作了，可能是电冰箱发生了故障，也可能是电源电压当时过高或过低，在这种情况下，应该立即进行检修，否则、故障会迅速扩大，以致把电动机烧坏。在未进行检修之前，不应再给电冰箱通电。

动杠杆机构，使接点断开，切断电动机电路。随后，蒸发器的温度逐渐升高，通过感温管的传递，使皱摺囊内压力不断增大，当囊内压力大于平衡弹簧的压力时，则将弹簧推回，同时推动杠杆机构，使电路重新接通。如此反复，即可使箱内维持恒温状态。

箱内温度的高低，可以通过调节杆改变平衡弹簧对皱摺囊施加的压力来实现。当弹簧的压力加大时，它所控制的温度上升，反之则下降。

如果用膜合来代替皱摺囊，其工作原理完全一样，如图5-5-6b所示。

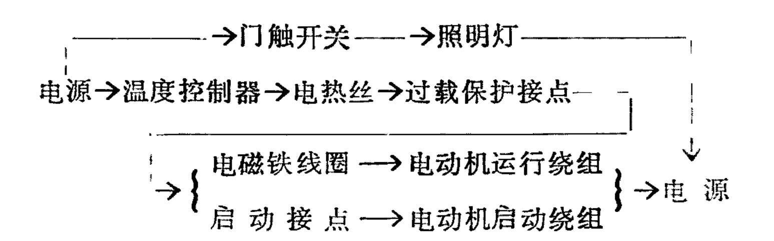
目前生产的温度控制器，多装有半自动化霜装置（参看图5-6-5）。其原理如下：当按下化霜按钮时，增加了平衡弹簧的压力，直至感温管和皱摺囊内的压力大于平衡弹簧和化霜装置所施加的合力时，才能使接点再次接通。因而使“开”点的温度上升。例如，原蒸发器的温度在－5℃开车，现在要＋5℃～＋8℃才能开车，此时蒸发器表面的冰霜已全部融化完毕。化霜后，化霜装置能自动复位。电机重新运行。下次化霜时，仍须将化霜按钮按下。

（四）照明灯电路

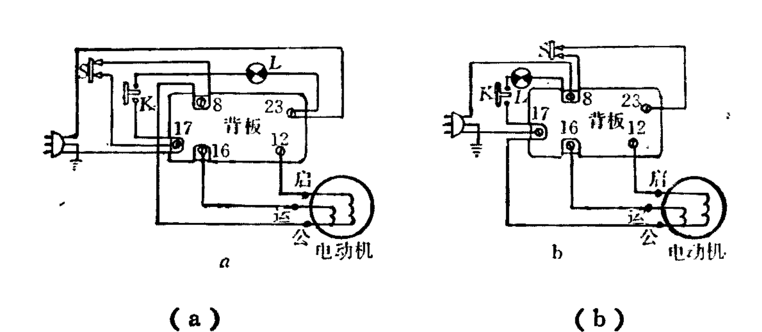
如图5-5-2右边所示，照明电路受门触开关控制，开门时，由于开关弹簧放松，使开关闭合，灯亮。关门时，由于开关弹簧受到门框的压缩使开关断开，灯熄。

（五）整机电路及其接线方法

图5-5-2中虚线方框以外的部分，就是整机电路系统示意图。它有以下三条回路：



新购的电冰箱，电路已接好。但使用中的电冰箱，由于修理，更换零件或接线断脱，往往需要重新接线。在电路系统中，通常都有9根导线（电源线2根、电动机三根，照明灯2根、温度控制器2根），要在继电器背板上的5个接线柱上进行连接。其接线方法如图5-5-7(a)或图5-5-7(b)所示。



（a）　　　　（b）

S、温度控制器　K、门触开关　L、照明灯

8、12、 16、17、23、接线柱（参看图5-5-5）

图5-5-7　电冰箱启动继电器接线方法

接线时应注意以下几点：

（1）不能接错。尤其是电动机的接线更要慎重，如果把电动机的启动绕组，误作运行绕组来使用，电动机将会烧坏。电动机的三个抽头，可以这样判断：先把三个抽头编号为1、2、3。然后用万用表的R×1挡分别测量任意二个抽头之间的直流电阻（即1与2，2与3、1与3），这样可以得到三个不同的阻值。现在假定测得1与2之间为20Ω 2与3之间为30Ω，1与3之间为50Ω，如图5-5-8所标明的那样。则可判定：1是运行绕组抽头，2是公共抽头，3是启动绕组抽头。这是因为，运行绕组的漆包线较粗，电阻较小（约为20Ω），启动绕组的漆包线较细，电阻较大（约30Ω）；而两绕组串联后电阻最大（20Ω＋30Ω＝50Ω）。

（2）重新接线后、应按照电路图仔细查对一遍，证明接线无误，才能通电。

（3）如果拆线时事先做好记录（或将各线头贴上标记），复原时，按原样装回，就更简单些。

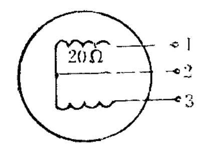


图5-5-8

第六节　电冰箱的使用、维护及常见故障的排除

§5·6—1　电冰箱使用方法

一、初次使用前的准备

1、选择好放置地点。应选择空气流通、干燥的地方。不受阳光直晒，切勿靠近热源。电冰箱背部冷凝器与墙壁的距离至少为10厘米以上，顶部空间要求30厘米以上，以保证空气流通，易于散热。

2、所用电源电压应符合铭牌的规定。国产电冰箱一般要求220伏，其波动范围为190～230伏，电源线的容量应在5安培以上，要用独立的单相三孔电源插座，并安装2安培的保险丝。电冰箱外壳应严格接地，接地电阻不大于5欧姆。

3、电冰箱的安放应竖直平稳，搬动时不得剧烈振动或翻倒；电冰箱的侧面要留出一定空间，使电冰箱的门至少能开到90°角。

二、电冰箱首次开机应注意事项

电冰箱首次使用，接通电源后要仔细听机器运行的声音是否正常，若有金属碰击声，一般是电冰箱放置不水平造成的，应立即断电。然后，尽量把电冰箱放平，调整支脚高度，用目测或水准气泡测量是否水平。电冰箱放平后重新通电启动，一般机器运行的声音就可正常。若声音仍不正常，可能机器出了故障，应立即断电并及时检修。

三、温度控制器的用法

1、电冰箱的温度控制器可以用来调节冰箱内的制冷温度。温度控制器的旋钮多装于箱内右侧壁上（也有装在蒸发器上部前面正中的），它的面板上标有刻度、数字和“冷”“停”“化霜”等字样。这些刻度或数字是供调温时记忆用的，不代表冰箱内的实际温度，箱内温度的高低，应以温度计实测的读数为准。

2、调温时，刻度数字愈大，冷藏箱内温度愈低。可先将温度调节旋钮对在中间位置（如2或3或MED），通电一段时间后，若冰箱内温度仍太高，可把旋钮调向较大的数字（如4或max）。反之，就向小数字上调，数字越小，箱内温度越高。

3、当室温低于10℃时，应当将温度调节旋钮调在数字“冷”的位置上。如果预先知道要停电，也当将温度调节旋钮调在“冷”字的位置上。

4、置“不停”或“速冷”字的位置时，压缩机将不停止地连续工作，用来进行快速制冰或检测，用于速冷制冰时，待制冰完毕，要及时旋至原定数字上，以免损坏电冰箱。一般情况下，不得旋至“不停”或“速冷”处。

5、置于“停”或“0”字位置，电冰箱的电源即被切断，停止运转，并且不再自行接通。可用这种方法人工化霜待蒸发器上的霜化完后，再旋回原定数字处。

6、半自动化霜电冰箱的温度控制器上装有化霜按钮，当蒸发器上的霜超过5毫米时，按一下此钮，化霜完毕，即自行弹回。

四、冷藏物品的放置

1、冷藏箱内的温度不是完全一样的，靠近蒸发器的部位，温度就低一些，远离蒸发器的部位，温度就高一些，因而要按照冷藏物品对温度不同的要求，放在不同的部位。

2、托架上放置物品应留有间隙，以便冷空气对流，使冷藏箱内的温度尽量均匀。

3、热物品应先冷至室温后，再放入冰箱内，尤其不准把热开水放入冷藏箱内冷却。否则，不仅会增高冷藏箱内温度，而且会加重电动机的负荷，致使增加电耗，甚至损坏电

动机。

4、有强烈气味的物品，应密封后放入，以免影响其它物品。

5、部分食品的最适宜冷藏温度如表5—5—2所示。不同食品在电冰箱内的冷藏期限见表5—5—3。不同星级电冰箱中一般食品的冻结冷藏期限见表5—5—4。表5—5—3中的冷藏期限均指冷却冷藏，并能保持食品的鲜度，鱼肉类食品若放入冷冻室采用冻结冷藏，存放期限会相对增长。

表5—5—2 部分食品的最适宜冷藏温度

食品名称	冷藏温度℃	食品名称	冷藏温度℃
鲜 鱼	1～2	牛 奶	2～5
鲜 肉	－2～0	啤 酒	6～8
牛 肉	2～3	生啤酒	2～4
禽肉类	－1～1	蛋 品	2～5
肉食加工品	－1～1	干食品	2～6
火 腿	2～6	蔬 菜	1～8
黄 油	4～7	苹 果	2～6

表5—5—3 不同食品在电冰箱内的冷藏期限

种 类	食品名称	冷藏期限	说 明
肉 类	牛 肉	2～3日	用塑料薄膜食品袋封装好（以防干燥和散失味道，下同）
	猪 肉	3～4日	
	鸡	1～2日	
鱼 类	鲜 鱼	2～3日	鲜鱼取出内脏洗净后，放入少量食盐，再装入塑料食品袋封装好；鱼块和鱼片也应装入塑料食品袋封装好。
	鱼 块	2～3日	
	鱼 片	1～2日	

加工食品	火腿、腊肠	3～4日	用塑料袋封装
	豆　腐	2日	放入存有水的容器中
乳制品	牛　奶	5～6日	尽量早点食用，特别是奶油开封后，更要尽早食用
	奶　油	2周	
蔬菜类	西红柿	3～5日	洗净用塑料袋封装
	一般青菜	3～7日	
蛋　类	鸡　蛋	7日	放入蛋架内，周期更换食用

表5—5—4　不同星级电冰箱中一般食品的冻结冷藏期限

冰箱星级	(*)	(**)	《**》	(***)
冷冻室温度	－6℃	－12℃以下	－15℃以下	－18℃以下
冻结冷藏食品期限	1周	1个月	1.8个月	3个月

§5·6—2　电冰箱的维护及注意事项

1、电冰箱对电源的要求较高，常常由于电源电压波动太大（过低或过高），导致电动机过热而烧坏。为了尽量避免这一不良后果，可采取以下二个措施：

（1）每一台电冰箱应单独安装符合说明书规定的保险丝（保险丝的额定电流一般为2安培），切勿随便乱接。

（2）可在电动机启动绕组电路中串联一个220伏75微法的交流电解电容器。接此电容后，即使电压低至180伏，仍能正常启动，实验证明效果是良好的。串接方法很简单，可将图5-5-7(a)（或图5-5-7(b)）中与启动继电器

接线柱12的连接线脱取，串联电容器以后，再与12接上即可。

2、电冰箱内外，要经常保持清洁，至少每月抹洗一次。如有油污，可用肥皂水擦洗、但不可以用去污粉和酸性物品擦洗。散热器上的灰尘应经常清扫，以免降低散热效果。

3、启动继电器的启动接点必须定期检查和维修，至少每半年检查一次。因为电冰箱每天都要停、开数十次，继电器的启动接点也要每天通断数十次，每次接通和断开时都产生火花，会使接点表面氧化和烧成凸凹不平，使电冰箱启动时间变长，甚至不能启动。如果不及时维修，将造成电冰箱的损坏。接点严重烧损时，应予更换，甚至更换整个启动继电器。

4、电冰箱停车后，严禁立即开车。因为刚停车时，高压端的压力还很高（由于毛细管的节流作用，压力不能马上平衡），对活塞有压力存在，电动机不易启动。因此，每次停车后，必须稍等3～5分钟，才能再次启动。否则，电流很大，有可能使电动机过热而烧坏。

5、如无特殊原因，电冰箱一般不停止使用。如需停用，化霜后必须将箱内的水分揩抹干净，保持清洁干燥。否则箱内潮湿，容易使某些部件生锈、发霉变质。

§5·6—3 电冰箱简单故障的排除

电冰箱可能出现的故障很多，一些简单的故障可以自行排除（下文中标有“*”号者应请专业人员修理）。

一、电冰箱通电后不运转

1、检查电源是否有电，保险丝是否熔断。

2、检查插头，插座是否接触不良或电源线断路。

3、检查温度控制器是否已经调好，是否损坏。如果温度控制器内的制冷剂漏失，将使其接点始终处于开断状态。如果将它的两个接线柱短路，机器能正常运行。应更换温度控制器。

4、检查电动机的接线是否断脱亦或是电动机绕组烧坏。可用万用电表的R×1挡，进行检查。如果测得电动机绕组的电阻值为无穷大（或等于零），就说明电动机损坏了。*须要拆开钢制机壳才能检修。

5、启动继电器内过载保护装置的电热丝烧断。应更换同规格的电热丝。

6、检查过载接点是否被永久磁铁吸住不能复位，排除方法见本节八－3－(2)－③－b。

二、电冰箱通电后嗡嗡响，不能启动

1、故障的原因可能是：

(1)电源电压太低，电动机将不能启动，只能听到几秒钟的嗡嗡响声。过载保护接点应立即断开，避免烧坏电机。一般小型电冰箱能适应的电源电压为190～230伏。

(2)启动继电器的启动接点接触不良或已不能闭合；

*(3)电动机或压缩机发生故障。

2、排除方法：

(1)用万用电表测量电源电压，如低于190伏但仍有180伏时，可按§5·6—2中所提办法处理，若低于180伏时，可用调压器把电源电压升高到220伏再行启动。

(2)检查启动接点，发现接触不良时，可用什锦锉和细砂布将接点表面打磨光、净，若接点不能闭合，应重新调整启动器。方法见本节八。

(3)确定为电动机或压缩机故障时，须锯开钢制机

壳，按§5·6—4（二）进行。

判断方法：将电压提高到规定范围内，进行人力启动，即用螺丝刀拨动衔铁，使启动接点闭合后立即拨开。这时如果电动机能正常启动就说明电动机和压缩机良好，问题在于启动继电器。反之，如果人工启动不了，就是电动机（或压缩机）有故障，应送修。

三、电冰箱长时间运转不停，但箱内达不到预定的低温

1、故障的原因可能是：

（1）一次放入冰箱内的物品太多，或物品的温度太高。

*（2）压缩机的进排气阀发生故障，导致产冷量下降。

*（3）制冷剂有泄漏，使系统内的制冷剂循环量不足，其现象为：冷凝器温度不高（正常情况下，一般高于室温20℃左右），蒸发器只有部分结霜。如有微量漏气，情况会继续恶化。

（4）保温门的磁性橡胶密封压条，日久老化变形，失去密封作用。

2、排除方法：

（1）冰箱内不应一次放入过多的物品，刚加工好的熟食品应先预冷，待食品内部的温度降低后，再送入冰箱内。

（2）压缩机吸排气阀关闭不严，应送修。

（3）对于制冷剂泄漏，可找出泄漏的地方焊接补漏后，再充灌制冷剂。

（4）更换老化变形的密封压条，以恢复保温门的密封性能。

四、开车时间很长，甚至不停车，箱内的温度低于预定的温度

1、故障可能原因：

（1）温度控制器调节不当，温度调节旋钮定在“最冷”或“速冻”挡位上，压缩机长时间运转，造成箱内温度过低。

（2）温度控制器的感温包安装位置不当或感温包与蒸发器表面没有紧贴在一起，不能将真实的蒸发温度传送给温度控制器。当冰箱内已到了低温范围，控制器仍不能及时断电。压缩机不停地运转，造成箱内温度过低。图5－6－2为感温包安装图。

（3）温度控制器的接点粘连，或温度控制器失调。

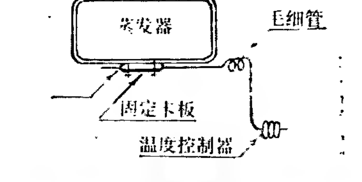


表5－6－2　温度控制器感温包安装示意图

2、排除方法：

（1）将温度控制器的调温旋钮向左旋到“冷”的挡位上，延长停止运转的时间，减少压缩机制冷时间，冰箱内的温度即可缓慢地回升。

（2）蒸发器上的感温包不应随便移动位置，应与蒸发器接触牢固。如有松动，应当使之紧固于蒸发器表面。

（3）可将温度控制器的旋钮反复旋至“停”点，直至不粘连为止。必要时拆开温度控制器，用细砂布打磨接点或更换整个温度控制器。若是温度控制器失调，应重新调节。方法见本节九。

五、电冰箱能自动开停，但达不到预定的低温

1、可能原因是：

（1）温度控制器失调。

（2）蒸发器的霜层太厚，影响箱内降温。

（3）门封不严。

（4）老式电冰箱夹层中的玻璃丝下沉（或有空缺），造成箱壁漏热。

2、排除方法：

（1）重新调整温度控制器。

（2）按前述方法进行化霜。

（3）更换门封胶垫或修整箱门。

（4）加填绝热材料。

六、电冰箱开停频繁

1、电动机不断地响十几秒钟，停几分钟。

这是由于衔铁弹簧片的弹力太小，启动接点闭合后不能离开（或接点粘连），造成电动机的电流很大，过载保护装置在动作。遇此情况，应立即停止使用，并重新调整启动继电器。

2、电动机每小时内的开停次数过多。

正常情况下，每小时内“开”和“停”的总次数，不应超过六次。开停次数过多，是由下列原因造成：

（1）温度控制器上的差额螺丝失调，应重新调节差额螺丝，使每次开停的时间延长；

（2）门封不严，箱壁漏热。

七、电冰箱运转不停，蒸发器不降温或降温极微

1．可能原因：

*（1）制冷剂漏失；

*（2）毛细管堵塞；

*（3）压缩机阀片漏气。

2．排除方法：送工厂检修。

八、启动继电器的调整

1、启动继电器的工作情况与电压及其内部零件的相对位置密切相关。如果电源电压相差较大或零件位置不正确，就会使继电器工作不正常。一般来说，在下列情况下需重新调整：

（1）换用新继电器时；

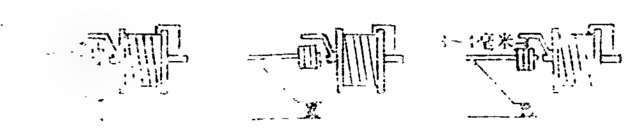
（2）电源电压有了变化，电冰箱不能正常启动时；

（3）启动继电器发生故障时；

（4）新购或新修好的电冰箱初次使用，而使用地点的电压与电冰箱规定的电压或者与修理地点的电压有较大的差异时。

2、启动开关部分的调整。

（1）调整挡板的位置（见图5-6-3）。实际上是



a、尚未工作时　b、衔铁将要与电磁铁铁芯相平时，启动接点，即开始闭合　c、衔铁与电磁铁铁芯完全相平时启动接点闭合得更紧密

图5-6-3

调整衔铁的上、下活动范围，它的上限位置是由挡版决定，下限位置与电磁铁相平，不能调节。衔铁上、下动作范围应为3～4毫米，如图5-6-3（c）所示。如不对，可改变挡板的弯曲度。

（2）调整起动接点的闭合时间。给电冰箱通电时，衔铁被电磁铁吸引，启动接点应该将要与电磁铁相平的时候闭合，如图5-6-3（b）所示，启动接点闭合之后，衔铁

继续向下移动约1毫米，达到它的下限位置而与电磁铁相平，如图5—6—3（c）所示，为的是给接点一定的压力，使其接触良好。如果启动接点的闭合位置不对，可调整上接点铜片。调整时用螺刀或摄子把弹簧铜片稍微向上或向下压一压就行，不要用钳子去夹。

（3）调整弹簧片的弹力。衔铁弹簧片（图5-5-5中的11）的弹力大小要适当。如果弹力太大，通电后，电磁铁吸不下衔铁，启动接点不能闭合。反之，弹力太小，启动接点闭合后不能离开，这两种情况都会使电动机不能正常启动，而且电流很大，极易把电动机烧坏。

调整时，可用平口钳改变铁片尾部的弯曲度，如图5-6-4所示。尾部向下弯时，弹簧片的弹力增大，向上弯时弹力减少。有的继电器铁片尾部装有调节螺丝，调节这个螺丝就能改变弹簧片的弹力。

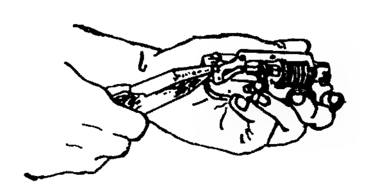


图5-6-4　启动器弹簧片弹力调整

调好后，应达到下述要求：通电时，启动接点立即闭合，启动完毕，立即弹回，动作干脆。在电动机工作正常的的情况下，启动时间应为0.5秒左右，最长不得超过3秒。

做这一调整时，挡板的位置和启动接点的接触时间都必须正确，接点必须平整光滑，接触良好。最好在调整之前先做一次试验，给电冰箱通电，用螺丝刀压一下启动接点，再用螺丝刀将接点拨开，做人工启动，人工启动良好时，再调节弹簧片的压力。通电试验时，继电器放置的方向必须和在电冰箱安装的方向相同。弹簧片的弹力往往需要调节几次才

能调好，每通电试验一次，必须休息3～5分钟，以免烧坏电动机。

3．过载保护装置部分调整。

（1）在下列情况下，过载保护接点应自动断开：

①电源电压过低，电动机不能启动时；

②电源电压过高，电动机的电流过大时；

③启动开关部分发生故障时（启动接点接触不良或启动接点粘住）；

④压缩机内部卡住。

在上述四种情况下，如果过载保护接点不能及时断开，必将造成电冰箱电动机损坏。如果过载继电器部分调整正确，动作灵敏，则能对电动机起到保护的作用。

（2）具体调整方法：

①先用一小片绝缘纸隔在启动接点之间，使接点不能闭合，或用一纸团塞在衔铁与挡板之间，使接点闭合后不能打开，为的是通电时不让电动机启动，使其电流过大，等于人为地制造故障；

②给电冰箱通电，启动接点在10～20秒钟内不能闭合，或闭合5～10秒钟内不能断开，在以上这段时间内，过载保护接点应自动断开，切断电动机电路。因为这段时间通入电动机的电流很大，故称之为“过载时间”。接点断开后经5～10分钟应复位（闭合），把这段时间叫复位时间，也是双金属片的冷却时间（注意：每次调整，通电时间不应超过20秒钟）。

③如过载或复位时间不对，可做如下调整（参看图5-5-5 b、d）：

a．过载时间的调整：可将过载调节螺丝19按顺时针方

向拧，这时，过载保护接点之间的压力放松，过载时间缩短。反向拧时，过载时间延长。也可结合调节电热丝与双金属片之间的距离，距离减少时，过载时间缩短，反之则延长。

b、复位时间的调整：可调节复位调节螺丝22的高度，以改变过载保护接点与永久磁铁之间的距离。按顺时针方向拧时，螺丝升高，磁铁的吸引力减少，复位时间缩短。反之，复位时间延长。复位调节螺丝的另一作用是当过载保护接点断开时，用它来顶住双金属片，不让过载保护接点碰到磁铁。否则，会被磁铁吸住不放而不能复位。当双金属片跳动后不能自动复位时，往往就是这个螺丝调节不当引起的。

c、旋转过载调节螺丝时，不仅调节了双金属片与电热丝的距离，同时也调节了双金属片的弹力，因而调节了复位时间，即在调短超载时间的同时，也调长了复位时间。另外，电热丝的上下位置也可稍加变动，使它离双金属片近些或远些。调整时可适当掌握。

九、温度控制器的调整

1、温度控制范围的调节。调温旋钮旋至最冷点，经多次自停自开后，箱内温度仍然很高。或调温旋钮旋至接近于“停”点，箱内温度已低于预定的温度，仍不停车。而电冰箱的制冷系统又没有其它故障时，温度控制器应进行调整。

调整方法：北京和天津产品，如图5-6-5 a、b、c所示。当顺时针方向拧动温度调节螺丝时，平衡弹簧的弹力加大，所控制的温度升高；逆时针方向拧动时，平衡弹簧放松，温度下降。沈阳产品（图5-6-5d）的调节方法，恰好与上述相反：顺时针方向拧时，平衡弹簧放松，所控制制的温度下降；反之，则上升。

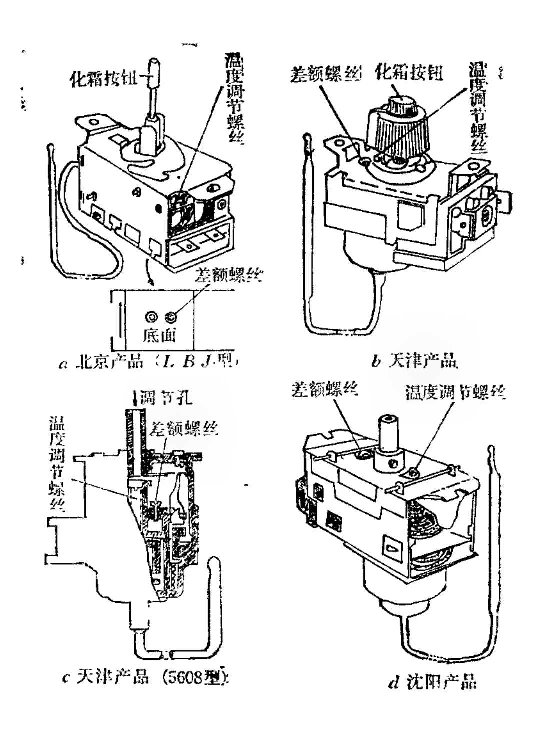


图 5-6-5　测度控制器

例：温度控制器为LBJ_2型，冰箱内温度低于预定的温度，而旋钮已拨至接近“停”或“零”点时仍不停车。这种故障应用螺丝刀顺时针方向转动温度控制器的温度调节螺丝，即缩小它的温度控制范围，使截止温度升高。

若冰箱内未达到预定的温度，而旋钮拨至最冷点时仍不开车。这种故障的调整部位同上，转动方向则相反，即扩大它的温度控制范围，使截止温度降低。

调整温度调节螺丝时，每次只能旋转1/4周。由于箱

内温度是逐渐升降的。每调整一次，须经多次自开自停以后，才能作第二次调整。

（注意：温度控制器结构复杂，在出厂时已调好，如非确切判定原因，不要轻易调动，以免调乱。）

2、温度控制器的灵敏度调节。若电冰箱每小时内“停”和“开”的总数超过六次（即灵敏度过高），如果其其它方面没有故障，则应重新调节差额螺丝，如图5－6－5所示。

调整方法：当逆时针方向拧动差额螺丝时，温度控制器内接点间的距离（或杠杆的动作距离）加大，这就要求箱内有较大的温度差，温度控制器才动作。因此，电冰箱每开停一次的时间（即动作周期）延长（灵敏度下降）。反之，动作周期缩短（灵敏度上升）。差额螺丝，在出厂时已经校正好。一般不要调动，以免调乱。在需要调整时，最好记住圈数，避免调乱。

3、操作时注意事项：

（1）调整前须先检查感温管是否夹固在蒸发器上，旋钮与转轴有无滑动，然后再进行调整。

（2）需要拆开外壳时，必须先将感温管从蒸发器上取下，避免折断毛细管。

§5·6—4　电冰箱的修理

一、电冰箱的验收标准及检查程序

1、验收标准。

（1）外观：安装牢固；运转无噪杂音；隔热良好。

（2）性能：工作电压范围、220伏的电动机应在190～230伏时能正常启动和运转，启动时间在0.5秒左右，最长不能超过3秒。蒸发器结霜均匀，当室温为25℃时，冰箱内达

到0℃的制冷时间约2.5小时，停车期间没有化霜现象。蒸发器内温度，高二星级的－15℃；三星级的为－18℃，温度控制器灵敏度在±2℃。在机壳接地线的情况下，用500伏兆欧表测量，电机的绝缘电阻应在0.5兆欧以上。

2．检查程序。如发现不符合上述验收标准时，即说明电冰箱有故障，必须作详细的检查，确定故障的部位和发生故障的原因，然后再决定修理方法，尽量避免盲目性或因判断错误而造成人力和物力的浪费。其检查程序如下：

①检查电源电压和电气设备是否有故障。即外电路是否有电压，保险丝是否熔断、过载继电器是否断路，工作电流是否符合铭牌的规定等情况。

②封闭式机组故障检查，须将封闭式电动机三根导线与电冰箱其它电气导线分开，单独作人工启动试验，若电源电压正常，通电后电动机不能启动或虽能启动而电流过大时，则证明机组有故障，要割开机壳进行检修。

③有修理工具设备的单位可以进一步检查制冷系统是否有故障，压缩机的功能、效率，制冷系统管道是否畅通、无堵，制冷剂有无泄漏等。

二、电冰箱的修理

1、钢壳的拆卸步骤与方法。封闭式小型制冷机的电动机和压缩机装在一起，放入两开的钢壳中。在钢壳开口处焊接成一个整体，以免制冷剂泄漏。所以检修全封闭式制冷机，首先应拆卸钢壳取出电动机和压缩机。

拆卸钢壳的步骤：

（1）放出制冷机系统内的制冷剂，按图5-6-6所示，用钢锯将钢壳顶盖上的制冷剂充灌管靠近封口处锯开一个小口，孔径大约1毫米。由于系统内的制冷剂压力很高，

只有经小孔慢慢地向外泄漏，才不致使制冷剂与润滑油同时喷出。如果把铜管锯断，将会造成制冷剂与润滑油突然喷出。飞溅到室内，容易刺伤人的眼睛及面部。只有在制冷剂全部泄完，才能将充灌管锯断。

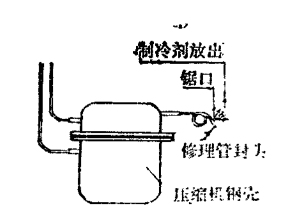


图5－6－6　放出系统内制冷剂示意图

（2）用气焊使钢壳上的吸，排气管接头从焊口处脱开。紫铜管接头一般采用银焊，其熔点温度为960℃。可根据图5－6－7所示，用气焊加热后拆卸吸气管及排气管接头。

（3）拆下吸、排气管后，再将钢壳从电冰箱的减震座上拆下，夹在特制的卡具上。如图5－6－8或示。

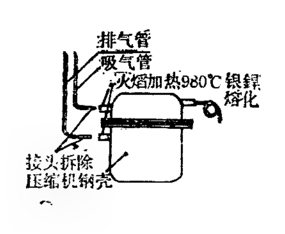


图6－6－7　拆除管道接头示意图

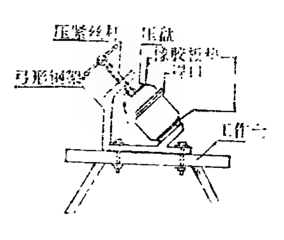


图5－6－8　压缩机钢壳拆卸工作台

（4）用钢锉将电焊口沿圆周锉平，如图5－6－9所示。但仍有少许焊处连接。钢壳盖不能启开，可用钢锯沿焊口中部将连接处锯开。至此钢壳盖与壳体分离。

2、蒸发器泄漏。

（1）泄漏原因：

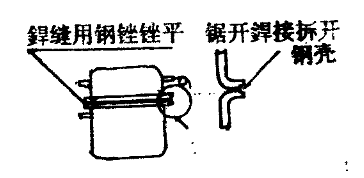


图5-6-9　平口钢壳拆卸步骤

①由于制造蒸发器的不锈钢板或铝合金板材的质量有缺陷，局部有小的金属残渣，当使用中受到制冷剂压力和液体的冲刷后，容易出现微小的泄漏。长期运行后，这种微漏积少成多，亦能显露出制冷剂循环量不足的故障现象。

②蒸发器长期不熔霜，使表面结成较厚的冰霜，将被冷冻的物品与蒸发器牢固地冻结在一起。为取下物品，用刀尖或较锋利的金属去撬动，亦容易将蒸发器刺破，引起制冷剂泄漏。

（2）修理方法：

①拆卸蒸发器。根据蒸发器损坏的位置是否影响焊接操作来确定是否拆卸。如图5-6-10（A）所示，蒸发器的泄漏孔位于蒸发器下部靠前端，便于修理焊接，同时漏孔很小，蒸发器无须拆卸即可焊牢。另一种情况如图5-6-10（B）所示，漏孔或损坏的位置在蒸发器的后部或侧面上，焊接时操作不便，需将它拆下来。一般只把吸气管及供液毛细管的接头经加热脱焊后，将蒸发器单独取出。在焊接漏孔之前，应当仔细检查蒸发器泄漏的部

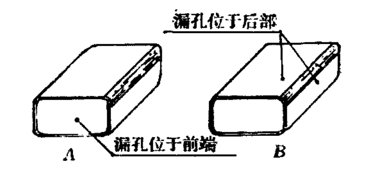


图5-6-10　双层板式蒸发器泄漏位置示意图

A、不拆卸可焊接　　B、须拆卸后焊接

位，并注明标记，以免焊错位置。

②焊接前的准备工作。蒸发器在补漏焊接过程中，受火焰加热后温升很高，对于不需拆卸焊接的蒸发器，系统中的制冷剂虽已放掉，但很可能仍存留有少量的制冷剂气体。为避免在焊接漏孔时制冷剂受热蒸发，产生压力造成补漏失败，可将压缩机钢壳上的修理管接头封口锯断，用以排出因焊接使制冷剂受热而产生的蒸汽，如图5-6-11所示。同时将温度控制器的感温包从蒸发器上卸下来，以免因过热而损坏。

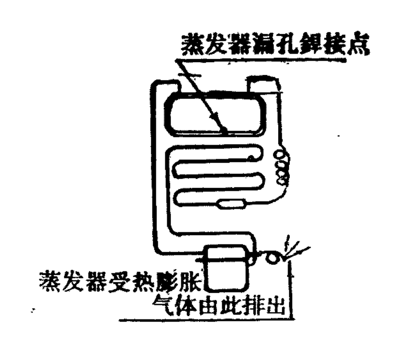


图5-6-11　蒸发器补漏过程气体排除示图意

③焊接补漏。此项工作，应当做到焊接时间短、补漏准确，以免蒸发器被火焰加热的时间太长而引起较大面积的变形。用不锈钢板制造的蒸发器可用银焊补漏。用铝合金板做的只能用铝焊。一般说来损坏的漏孔均很小，应用小号焊嘴，火焰不要太强烈，要求一次补漏成功。

④当系统内的制冷剂泄漏完毕，及时用胶布贴在漏孔处，如图5-6-12所示，以免水分及空气流入系统。在补漏完毕后，即可按本节的真空处理和充灌制冷剂的方法进行真空抽气和充灌制冷剂。

漏孔及时封住防止进水

图5-6-12

3、毛细管断裂。

（1）断裂原因。在小型电冰箱中，用作节流的毛细管，内径很小，一般为0.5～0.7毫米，长度为2～4米。造成断裂的原因，多由于安装及搬动过程中不慎，将毛细管挂在金属物上受拉弯折，因而产生裂纹。在使用中受到震动和高压制冷剂的冲刷发生裂缝，泄漏制冷剂。因此，当毛细管受损伤后，只要内经没堵塞，不致影响制冷效果，可不必将其恢复原状。因为将弯折部位复原时很容易断裂，如图5-6-13所示。

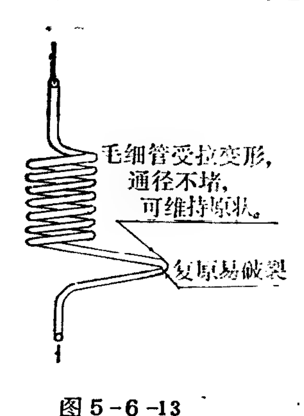


图5-6-13

另外，毛细管一般都很长，通常要盘成许多圈，重叠后，置于冷凝器下部，或藏于箱内蒸发器顶部。由于紫铜管有弹性，并且又盘成弹簧状，在压缩机运转中，会随着机器产生的震动而不停地震动。相距很近的毛细管之间就会因摩擦而使管壁厚度变薄，直到在管内压力的作用下，发生破裂穿孔，使制冷剂很快漏完。如图5-6-14所示

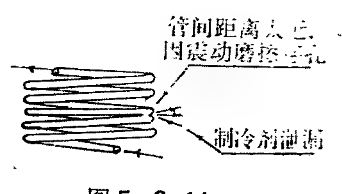


图5-6-14

（2）检修方法：

毛细管破裂后，不能直接在破孔处焊接。因为内孔太小，无论是用气焊还是用锡焊，都会造成毛细管被堵塞。正确的方法是：采用套管法连接，即在毛细管的破裂处，从中间用刀形什锦锉沿毛细管外圆将其锉断，并且校直约10公

分长，将毛细管的断头顶面锉平如图5-6-15所示。用一段紫铜管，其内径与毛细管的外径相同，长约6厘米，将毛细管由两端各插入一半深度，并使管头顶紧，然后在套管的两端用焊锡与毛细管焊接牢固，如图5-6-16所示。修理时必须注意：在套管与毛细管之间不应有间隙。同时，两管接头的顶面一定要顶紧，避免在焊接中焊锡从缝隙流入毛细管接头处将通径堵塞。

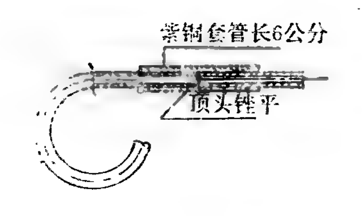


图5-6-15毛细管套管接连

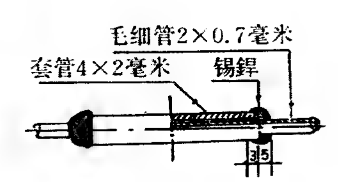


图5-6-16 套管接头焊接

另一种修理方法是毛细管对接法。在没有合适的套管时，采用对接法也可以接牢，只是操作比较复杂。先将需要连接的两个管头的一端，用锥形扩胀器扩成喇叭口形：另一端用钢锉锉成锥形。如图5-6-17所示。插入深度不得少于5厘米，接头锥度应当一致，结合严密，采用银焊，强度较高。如无银焊，锡焊也可。为保持焊口的强度，应将焊锡层向焊口的两端延伸10毫米，并适当增加焊锡的厚度，如图5-6-18所示。

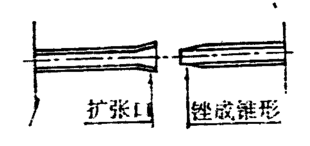


图5-6-17 毛细管对接

当手头没有扩胀器时，毛细管喇叭口成型可用热胀法，

事先根据毛细管的直径准备好扩胀钢钎。然后将被扩胀的毛细管端头用火焰烧红约1公分长，利用扩胀钢钎插入毛细管内，用力旋转挤压2—3次即可成型。如图5-6-19所示。

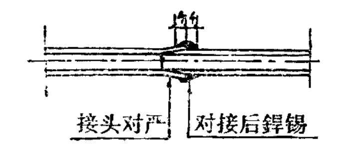


图5-6-18 对接管焊接

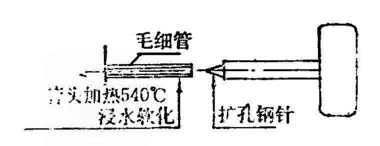


图5-6-19 毛细管扩口

4、毛细管堵塞。

（1）堵塞的原因：

① 冰堵。电冰箱发生冰堵故障，往往是在检修压缩机或电动机之后，没有对系统内部的水分清干净；另外，在重新充灌制冷剂的过程中，不慎将水分带进系统内，造成毛细管与蒸发器连接处发生结冰现象，也能堵塞毛细管。如图5-6-20所示。

②毛细管受外力作用，如受到挤压或弯折，因变形而使内径缩小，引起毛细管的通径部分堵塞，甚至全部堵死。

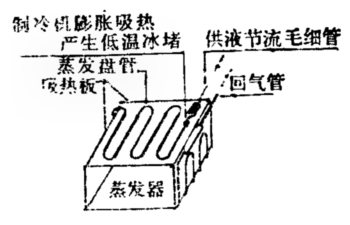


图5-6-20 毛细管冰堵位置

③脏堵。毛细管发生脏堵的主要原因是系统内清洗不彻底，残留有微小的污垢。在使用的初期，一般不会出脏堵。但是在制冷剂反复的循环和冲刷下，残留在管壁上的污垢会脱离下来与润滑油混合成油泥状，并带有一定的粘度

可以堵住过滤器或毛细管。所以有的电冰箱使用几天，就出现堵塞征象。

（2）修理方法。

①排除冰堵故障可用干燥法。将电冰箱放在烘干箱内，在110℃的环境里保温4～6小时，并同时抽成真空，使系统内的水分变成水蒸汽被真空泵吸出，然后再重新定量充灌制冷剂。

另一种方法也可以排除冰堵故障。如毛细管冰堵的部位是在蒸发器与毛细管的连接处，制冷剂在这里经节流后开始膨胀，蒸发吸热，其温度可达摄氏零下15～20℃，因水分结成冰粒而堵住毛细管出液口。用甲醇2～4毫升加入系统内，即可排除冰堵故障。这是因为甲醇（CH_2OH）的冰点为摄氏零下97.7度，它本身几乎不含水分。但是甲醇可以与水完全混合在一起，形成与防冻剂一样，可以在低温下（一般电冰箱的蒸发温度）不结冰。

全封闭电冰箱是否冰堵须经检查验证。首先打开电冰箱的顶盖，或者拆下蒸发器的固定螺丝，如图5-6-21所

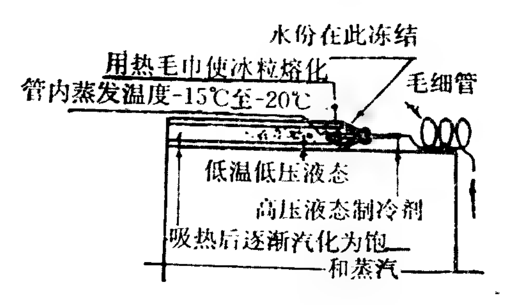


图5－6－21　毛细管冰堵的检验

示。当冰堵出现之前，可以听到毛细管向蒸发器内供液时

的唧唧响声， 而且间隔时间逐渐加长。 当冰堵形成，将供液通路完全堵死， 供液声即消失。 这 时 可 用 热 毛 巾放在毛细管的末端与蒸发器的内通路（双层板状蒸发器），或蛇形盘管的连接处，冰粒 受 热 后 融 化，故 障 即 可 消除。下 一 步，可 将压缩机钢壳上的修理接头管用钢锯在靠近封头处锯开一个小口，使制冷剂由此排出。然后重新充灌制冷剂，同时将甲醇加入系统内。操作程序如图5-6-22所示。当制冷剂排放完毕后，用真空泵或者用 开 启 式制冷压

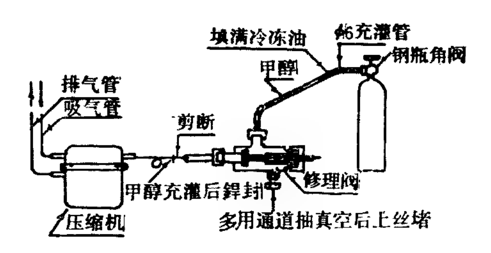


图5－6－22　封闭式制冷机充灌甲醇示意图

缩机抽成真空，然后注入甲醇并充灌制冷剂。可将修理阀杆顺时针方向旋紧，关闭通向电冰箱制冷机的通道，拆掉修理阀多用通道上的抽真空管道，用丝堵堵住多用通道。再用注射器将2～4毫升甲醇注入透明塑料充灌管中，同时迅速灌入冷冻油10～15毫升。这时可观察到无色甲醇在下部，有色的冷 冻 油 浮在上部。此时将修理阀的阀杆逆时针方向旋转少许。由于电冰箱制冷系统处于真空状态，只要修理阀微微的开启，甲醇就可以很快地吸入。为防止吸入空气，应特别注意观察，并配合正确的操作方法。当看到管中的甲醇已全部流 入 制 冷机内部，同时有少量的冷冻油也注入后，迅速地（顺时针方向）将修理阀杆拧紧，注入甲醇的工作结束。

②毛细管因受挤压变形后使通路堵塞的修理方法可按§5·6—3毛细管断裂的修理方法进行。

③毛细管脏堵的修理。首先找出脏堵的部位。由于毛细管较长，只能分段进行检查，如图5-6-23所示。首先用刀形什锦锉把毛细管上的B点沿管子的外圆锉成沟痕，然后折断观察两个折断的管头，向外喷出制冷剂的一边无堵塞现象，不向外喷出制冷剂的一边已被脏物堵塞。这时，用封口钳子迅速将泄漏制冷剂一端的毛细管头部密封，然后再将A点折断，根据图5-6-23Ⅱ及Ⅲ所见毛细管堵塞的部位，在A～B之间的管段上，可用12～16公斤高压气吹洗。如脏物吹除干净，仍可利用该段毛细管重新连接使用。若堵得严实无法吹除，也可以将盘管拉直，用钢丝从毛细管一端向内通透后，再用高压气吹洗，一般情况下是可以奏效的。否则只好更快换新毛细管。

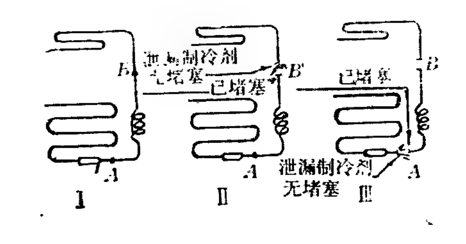


图5—6—23　检查毛细管堵塞部位图

5、全封闭式压缩机吸、排气阀关闭不严。家用电冰箱使用的全封闭式压缩机体积小，气缸直径只有21毫米左右，活塞行程为9～14毫米，组成吸、排气阀的构件很微小，大多数均采用舌形簧片阀。排气阀为半月形簧片，吸气阀为舌形簧片，阀片的厚度只有0.16～0.3毫米。运转时噪声很小，阀的密封依靠阀片与阀板间平面贴合，因此寿命较长。但是由于压缩机转数每分钟达2900转，阀片的工作条件差，

要经受制冷剂蒸汽受压缩的冲击力和弯曲力的作用，压缩机每旋转一周，吸、排气阀片就要各启、闭一次，动作非常频繁的阀片，每秒钟启、闭达48次左右之多。为了增加阀片的使用寿命，避免阀片产生较大的弯曲变形，保持阀片能灵敏的启闭，对吸、排气阀片采取升高限制措施。

全封闭小型压缩机，常见阀片如图5-6-24所示，其装配方法如图5-6-25所示，吸气阀片配置在阀板下部，位于汽缸内。排气阀配置在阀板的上部，位于汽缸盖排气室内。

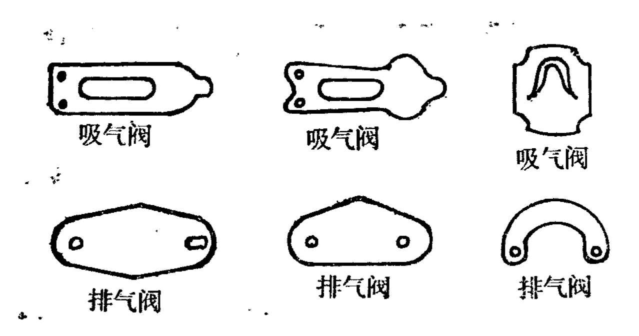


图5-6-24　常见簧片阀

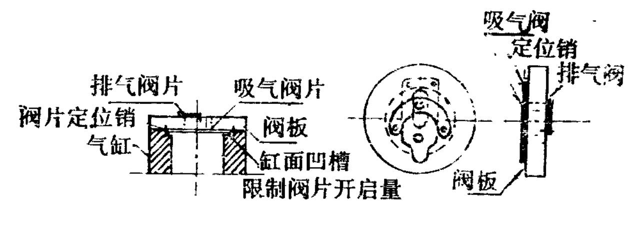


图5-6-25　阀片装配图

（1）阀片关闭不严的原因：

① 阀片变形翘曲与阀板贴合面产生漏缝，这是舌形

簧片阀较常见的故障。阀片在长期使用中，由于磨损产生不平度，虽然微小，但可使阀板与阀片之间出现漏隙。压缩机运转时活塞在压缩行程中，制冷剂蒸汽从缝隙中泄漏，因而造成压缩机排气量减少，制冷量下降。图5-6-26所示为吸、排气阀片泄漏制冷时，影响排气量示意图。

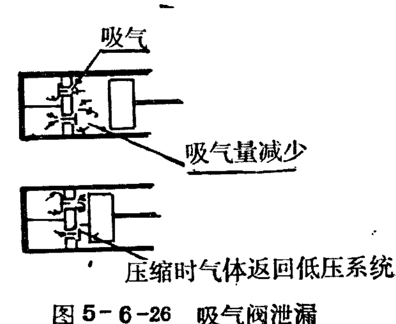


图5-6-26 吸气阀泄漏

②阀片损坏与阀板贴合不严而引起泄漏。这种故障往往发生在电冰箱使用一个时期之后，由于阀片局部折断，如图5-6-27所示，这将导致阀片平面翘曲，与阀板不能严密贴合，使气缸内被压缩的气体大量返回低压系统内。特别是单缸压缩机，只要高低压阀片有漏气现象，制冷效果会明显下降，甚至不能制冷。

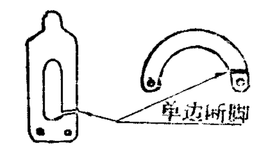


图5-6-27 弹簧片的损坏部位

（2）修理方法。舌形簧片阀或其他形状的簧片阀，一旦磨损使表面不平或因材质较差出现变形后，一般是不能修复的，要换新阀片。但是阀板的表面必须研磨，否则，虽换新阀片，仍会发生泄漏。

研磨阀板，须用专门卡具，如图5-6-28所示。将阀板固定在卡具上，在生铁铸成的平台或无气泡硬质玻璃板上

涂以研磨膏，进行仔细的手工研磨。阀板两面的光洁度达到▽10之后，须用煤油进行渗漏试验，不渗油为合格，然后，才允许装配压缩机和封死钢壳。

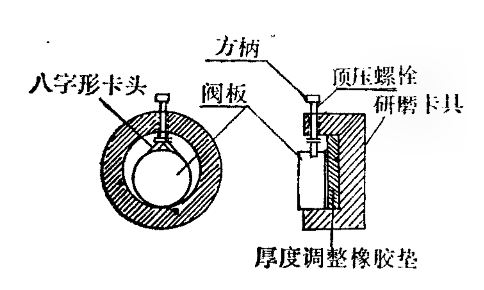


图5-6-28 阀板研磨工具

6、电动机的故障修理。

（1）电动机故障：

①电动机主轴承磨损。如图5-6-29所示，电动机与压缩机组装在一起。电机转子中心轴的下端为吸油管，上端为偏心轴，作为压缩机的曲轴。整个转子随中心轴在高速旋转时，只靠一个铜套轴承来支承。同时这种小型电动机的定子与转子的空隙一般仅有0.2～0.3毫米，当主支点铜套轴承的内孔磨损之后，轴与孔产生松动，使转子在高速旋转中造成偏心摆动。图5-6-30为转子与定子发生摩擦后产生阻力，电机的转速降低，电流迅速增大，绕组发热，导致电机烧毁，因此主支点轴承必须保持着较精密配合间隙。一般为0.06毫米左右，每次在拆卸机壳、检修压缩机时均应仔细检查主支点轴承的磨损情况。当轴承内孔径的磨损量超过0.1毫米以上时，应当更换新轴承，不得继续使用。因为全封闭式压

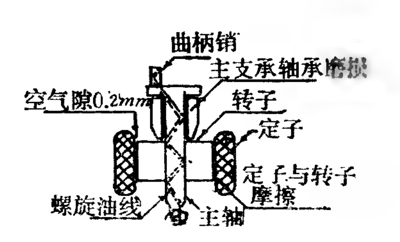


图5-6-29电动机主承轴磨损示意图

缩机及电动机，检修一次比较复杂，因此尽量把隐患消除，避免反复检修。

②电动机温升过高。封闭式压缩机，所配用的电动机功率很小，只有65～120瓦左右。由于转速每分钟达2900转，当电源或机械方面出现故障，就可能引起电动机温升过高。例如：

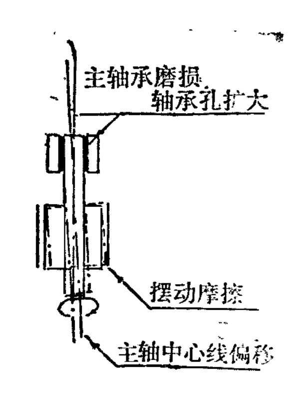


图 5-6-30
转子旋转摆动示意图

a、压缩机钢壳内缺少润滑油，压缩机各运动部位供油不足或中断，使金属表面摩擦加剧引起温度升高，动配合间隙缩小，阻力增大，引起电机过载，使定子绕组急剧发热，手摸机壳会感到烫手。起动继电器的过载保护接点，此时经常断开切断电源，只有开启压缩机钢壳，加足润滑油才能将故障排除。

b、压缩机排气压力过高。电动机较长时间超载运行，可以导致压缩机排气压力过高，电动机发热。电冰箱靠墙太近，或受阳光照射，使制冷剂的冷凝温度和压力过高。另外，背板式冷凝器的散热板表面积灰尘过多或有油垢，都可以直接影响传热。也有的用塑料布盖在电冰箱上，造成冷凝器的空气对流受阻，使压缩机排气压力过高，电动机发热。只要参照§5·6-1（一）有关事项，电冰箱的故障即可消除。

c、电动机起动困难，甚至不能起动。应先检查电源电压是否正常，电压在190～230伏之间为正常，不足180伏就

会造成电动机起动困难。用前述加接电容器或用可调式变压器，将电压升高到220伏即能正常起动。

另外，电动机绕组短路，也能造成电动机不能起动。因为电动机长时间超载运行，绕组在机壳内受冷冻油及制冷剂长久浸泡，以及冷、热温差较大的变化，加以漆包线质量欠佳等都可造成短路。或因检修时操作不慎，使漆包线绝缘受到损伤，也能造成绕组短路，判断绕组短路与否可用万用电表测量绕组的电阻值。如有短路。，其电阻值小于正常值。

现在介绍几种电冰箱电机绕组的直流电阻值。

表5—6—1　几种常用电冰箱电动机绕组的阻值

产地与型号	启动绕组阻值(Ω)	运行绕组阻值(Ω)	产地与型号	启动绕组阻值(Ω)	运行绕组阻值(Ω)
沈阳 FB—516 FB-517-Ⅰ	21	14～16	北京 F—70	51	17.46
沈阳 FB-517-Ⅱ	19.7	15.46	北京 LD-5801	20.8	17,32
沈阳 WS_2-137-65	30	20	天津 5608—Ⅰ	27～28	14～15
北京 LBJ_2-6-F200	40	9.7	天津 LD_{1-6}	33～35	12

修理方法：电动机绕组短路或断路，都必须依照原样重新绕制。封闭式压缩机的电动机受冷冻油及氟利昂制冷剂长期浸浊，其绕组导线的绝缘材料应当耐油，而且与氟利昂不起化学反应。绕组的绕制方法可参看第六章。

（3）电机漏电。

①漏电原因：

a、电机导线绝缘破裂与机壳相碰而导电；

b、电机严重受潮；

c、检修压缩机或电机时，因装配不慎使导线绝缘受到摩擦或碰撞。使用一个阶段后，由于冷冻油和制冷剂的浸蚀，导线的绝缘率下降以致漏电，使整个电冰箱带电，在电冰箱接地不良或没装接地线情况下可造成触电事故。

②修理方法：

a、绕组漏电时，必须重新绕制，装配时绕组导线的留头不宜太长，如图5-6-31所示。过长的导线留在机壳内容

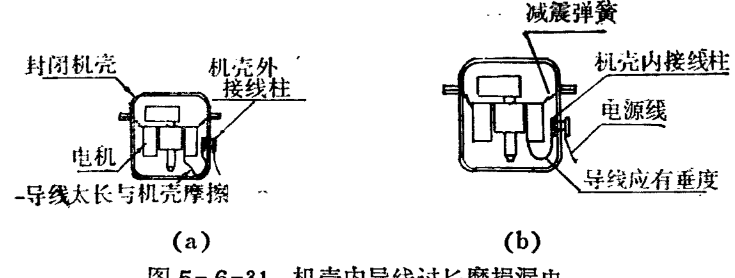


图5-6-31 机壳内导线过长磨损漏电

易磨破绝缘层。因为电动机和压缩机是用3～4个减震弹簧悬挂在机壳内壁上面，压缩机固定在电动机定子的顶部，在运转时将会产生震动。由于重力作用，电动机定子将随着震减弹簧的伸缩而上下颤动。当过长的导线贴到机壳上，就会由于长时间的轻微磨擦，导致导线的绝缘层磨破漏电。因此，在修理电机时，留在机壳内的电源导线不能过长，但也不能过短。过短会造成拉断事故。具体留长应如图5-6-31(b)所示。

b、电动机绕组受潮后，绝缘率下降，必须进行烘干处理。如果压缩机钢壳已经焊封，可把整机放入烘干箱内，保

持110℃的环境温度，烘干6～8小时。工作中要边烘干，边抽气，使产生的潮气从系统内排除，，以免发生冰堵故障。

另外应当说明：电冰箱壳有电，不一定是电动机漏电所造成的。电机以外的电路系统，如启动继电器、温度控制器以及冰箱内照明灯的电源导线漏电都会造成冰箱壳带电。只有检查确认这些部位无漏电后，方可检查电机漏电。

电机绕组或机壳内导线漏电，均须将钢壳锯开，取出电机修理，修理方法见第六章。

7、检修后的试压和检漏。当压缩机和电动机检修完毕后，须经有经验的修理人员进行一次复检，确认没有漏检和漏修时，才允许由技术熟练的焊工焊封压缩机钢壳。其试压与检漏可分两次进行。

（1）封闭钢壳上的吸、排气管接头，并安装试压管道和氮气瓶，如图5-6-32所示。管道接头的封闭可用特制的封头零件进行临时封堵，待试压检漏后拆掉封头与系统连接。图5-6-33为铜管封头丝堵。如没有专用封头丝堵时，只有按长久封头，用封头钳子将紫铜管接头夹扁，再将焊锡焊封。试压后，将封头锯断，才与系统管道连接。

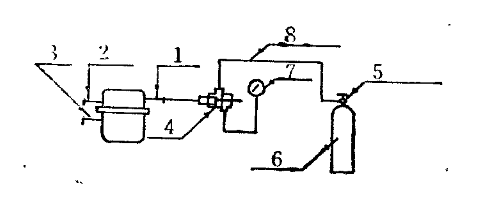


图5-6-32 氮气试压

（2）钢壳试压及检漏。在钢壳封焊之后，用封头丝堵将钢壳上的吸、排气连接管2、3堵住，将修理阀4与修理管1连接起来。同时用ф6紫铜管8与试压氮气瓶6连接

后，即可进行充氮试压，见图5-6-32。缓慢地开启氮气瓶上的角阀5，仔细观察压力表7的读数。由于压缩机钢壳的容积很小，切不可将氮气瓶角阀突然开大，以免因超压钢壳爆破。在正常工作条件下，钢壳内所承受的压力等于蒸发压力。因此，凡用氟利昂12制作制冷剂的压缩机钢壳，可用10公斤/(厘米)^{2}的氮气试压。在氮气充入后，关闭修理阀4，检查钢壳周围的焊缝及焊口，应无明显的变形和开裂漏气现象，压力表保持不下降。用浓肥皂水涂于焊缝处，如有泄漏便会产生气泡。但是极微小的泄漏所生成的气泡是极小的，而且很缓慢。为查出隐患，可进行浸水试漏，如图5-6-34所示。观察焊缝是否产生气泡，浸入水中的时间不应少于30分钟，无微小的泄漏现象为合格。

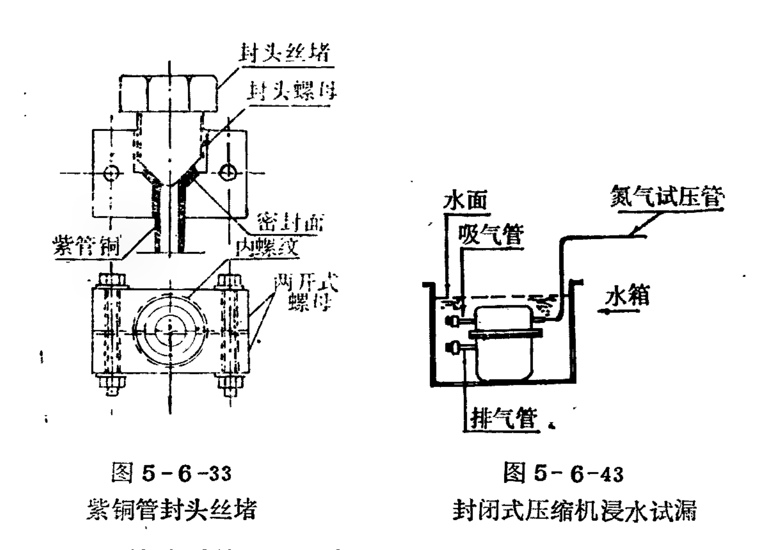


图5-6-33
紫铜管封头丝堵

图5-6-43
封闭式压缩机浸水试漏

8、检修后的干燥和真空处理。电冰箱制冷机的系统试压和检漏合格后，充灌制冷剂之前，需要将其进行干燥处

理、抽成真空。这两项工作是同时进行的。

操作方法是：将电冰箱整体送入较大的烘干箱中，或者只烘干组装后的制冷机系统。烘干箱的温度控制在110℃左右。待制冷机放入烘箱内后，用φ6紫铜管的一端接于压缩机钢壳外露的修理管上；另一端接在真空泵吸入口，或开启式制冷压缩机吸气截止阀的多用通道上，如图5-6-35所示。开启真空泵进行真空抽气。当系统内的真空度达到760毫米水银柱时（真空压力表指针反时针下降到红色真空范围最低处），真空泵仍须继续运转，不得少于2小时。在整个真空抽气过程中，烘箱内的温度应不低于110℃，才能使系统内的水分在高温和真空状态下完全蒸发并被真空泵吸出。当干燥和抽成真空后，关闭修理阀通往制冷机的通路，然后拆除真空抽气的连接管道，将制冷机冷却后，与电冰箱箱体组装，为下一道工序——充灌制冷剂做好准备。修理阀应继续机壳上的修理管连接，如图5-6-36所示，以便连接制与冷剂充灌管。

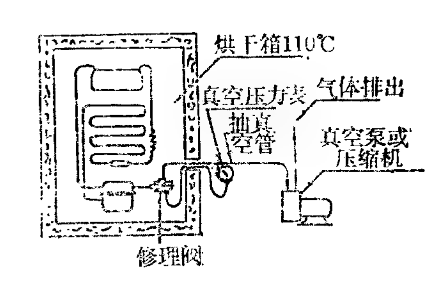


图5-6-35　全封闭制冷机的干燥

9．充灌制冷剂的方法。小型电冰箱需要充灌氟利昂制冷剂的数量很小。如家用电冰箱容积在130～200升，充灌的制冷剂约0.1～0.3公斤。系统内的制冷剂过多，会引起故障，甚至不能制冷。制冷剂不足，会导致蒸发器结霜不饱满，使产冷量下降。因此，应准确掌握制冷剂充灌量。实践证

明，封闭式小型电冰箱不宜使用较大的贮液钢瓶充灌制冷剂，也不要使用计量数字较大的磅秤。因为被称量太小，极易出现超量，造成回气过潮，使压缩机阀片受液击而损坏。正确的充灌办法是：准备一台小计量台秤和一个3公斤容积的小贮液瓶。根据图5－6－37所示，将台称放在高于压缩机的地方，用ϕ6紫铜管或耐压塑料软管，将修理阀和贮液瓶连接起来即可。如用铜管连接，应避免修理阀与贮液瓶之间因刚性连接，使贮液瓶产生上翘或下压，致使台秤出现误差。充灌管要细、短，不应盘成圈

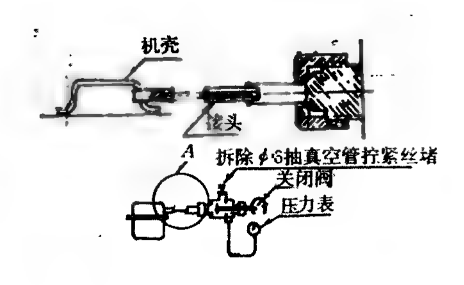


图5-6-36
修理阀与机壳连接示意图

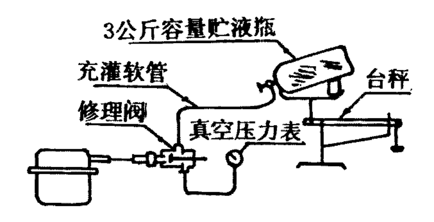


图5-6-37　充灌制冷剂示意图

形。否则均会影响充灌量的准确性。不同型号的电冰箱，其制冷剂充灌量不尽相同，需要根据厂家的规定充灌制冷剂。如果确无根据，可采取以下试加法充灌：先少许开启贮液瓶的关闭阀，利用少量制冷剂蒸汽将充灌管内的空气经修理阀接头处排除；开始充灌时，由于制冷系统内

处于真空状态贮液瓶关闭阀只能微微的开启，切不可开大阀门充灌，使速度太快；当制冷剂充灌量达到标定量时，关闭贮液瓶角阀，等待30分钟左右再打开冰箱门，应当能听到蒸发器内有液体流动的声音，整个蒸发器表面应均匀结满霜层。其主要数值应符合以下要求（供参考）；

（1）压缩机启动时间应为0.5～1秒钟，最长不超过3秒钟。

（2）环境温度在32℃～40℃，冰箱正常工作2小时后，箱内温度应稳定在0℃～2℃；

（3）冻结室内冰盒的水，应在2小时内结成冰块；

（4）电源电压在180～230伏时，压缩机可正常启动和运转；

（5）电冰箱每小时的开、停次数不多于8次。

电冰箱检修后如能达到上述要求，可认为检修合格。

第七节　吸收式电冰箱简介

§5·7—1　吸收式电冰箱的结构及工作原理

一、吸收式电冰箱结构

吸收式电冰箱结构示意图如5－7－1所示。它由冷藏室、蒸发器、冷凝器、吸收器、贮液筒、发生器、电热棒等组成。其制冷系统如图5－7－2所示。

二、吸收式电冰箱的工作原理

1、制冷剂与吸收剂。

家用吸收式冰箱大多采用连续吸收——扩散式制冷系统。在系统中灌注制冷剂氨、吸收剂蒸馏水和扩散剂氢。它们的作用是：液氨在一定条件下蒸发吸热，实现制冷；氢造

成液氨蒸发的条件；水作为吸收剂，不断吸收氨、氢混合气中的氨气，形成氨水，并在系统中连续循环。被分离出的氢气在系统中也可重复使用。

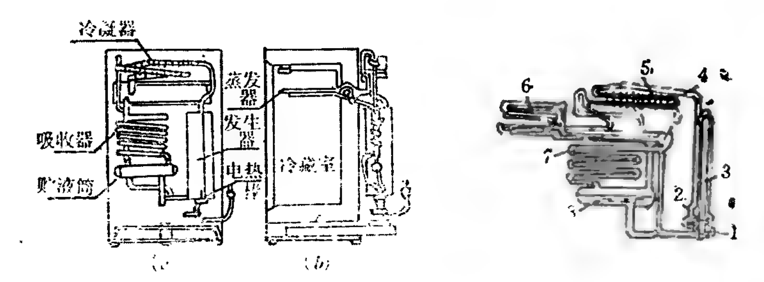


图5-7-1　结构示意图　　　　图5-7-2　制冷系统原理图

2、工作原理。

来自贮液筒8的浓氨液，经液体热交换器1换热后，进入位于发生器受热部分的提升管3中，浓氨液因受热产生气泡。由于热的虹吸作用，带气泡的浓氨液自提升管上升，至发生器2的上部。蒸汽进入精馏器4分馏，分馏的水分返回发生器2，氨则进一步变浓，并增大分压，最后浓氨气以系统总压力进入冷凝器5。冷凝器5内装有阻流片，用以增加氨气的流程，使氨气通过冷凝器5外的散热片把热量散于周围空气，同时氨气也被冷却液化。液态氨和来自吸收器7的氢气，同时进入蒸发器6。这时，蒸发器6中的压力就是氢气的压力，氨的分压等于零，所以液态氨迅速向氢气中扩散而沸腾蒸发，当蒸发器6中氨的分压增加到2～3个大气压时，达到饱和，蒸发停止。氨氢混合气比重较大，在重力作用下，混合气体经气体热交换器9，再经贮液筒8上部的气体空间，进入吸收器7中。在吸收器7上部，来自发生器2的稀氨液，在液位差作用下源源不断流入。这时，氢氨混合

气自下而上，与自上而下流入的稀氨液逆向流动，因而被稀氨液吸收，变为浓氨液，流回贮液筒8中。剩下的氢气自吸收器上部返回蒸发器6的入口。这就完成了氢气在吸收器和蒸发器之间的循环，使蒸发器6中氨的分压减小，保证液氨不断地在蒸发器6中向氢气扩散而沸腾蒸发。利用这个蒸发过程，蒸发器6表面吸收冰箱内部热量，即可达到制冷的目的。这种冰箱以热能（如电热棒、煤气加热器、煤油灯等）加热发生器2，从而实现循环。

3、优缺点。

吸收式冰箱的特点是结构简单，制造方便，成本低，使用中无噪声、无振动。最突出的优点是何以利用多种能源，如电能、煤油，煤气、工厂废热气等，因此特别适用于无电源或电源紧张的地区。

其主要缺点是：能量转换效率较压缩机式低；用电能生热时耗电量大，首次制冷速度慢。最新式的产品对发生器、箱体结构和自动控制系统均做了改进，其耗能指标已接近压缩式电冰箱。

§5·7—2 吸收式电冰箱的故障及其检修

吸收式电冰箱的故障及其检修方法详见表5-7-1。

表5—7—1 吸收式电冰箱故障检修表

故障现象	原　因	检修部位	修　理
加热温度不上升，不能进行冷却	温度控制器故　障	连接接线端使温度控制器短接，然后确认加热器温度有无上升；若上升，则是温度控制器故障	拆换温度控制器

续上表

	加热器故障	使温度控制器短接，若加热器温度不上升，则是加热器故障	拆换加热器
加热器发热过高或过低	电源故障	检查电源电压	若电压不在额定范围时，请与供电部门联系
加热器正常工作，但不会冷却	电冰箱放置倾斜	检查地板，确认它纵横方向是否水平	将电冰箱放于平坦处，使蒸发器水平
	制冷机组故障	在焊接部可发现带褐色的流体或黄色的粉；在蒸发器表面滴2～3滴水，然后检查它是否结成冰。	若不结成冰，须换冷却机组
加热器正常工作，但冰箱温度不会降到足够的低温	温度调节不妥当	检查温度调节器旋钮度盘是否设定在最低（MIN）位置上。	若将温度设定到最大(MAX)位置，机组运转2小时以上，仍然达不到足够的低温，则要进行2、3、4项检查。

续上表

故障现象	原　　因	检　修　部　位	修　　理
	2、温度控制器故障	检查时，将机组运转两小时以上，再短接接线端消除温度控制器开关，若能够获得足够的低温，则温度控制器有毛病。	调换温度控制器（如冷却效果仍然不理想则冷却机组可能有毛病）。
	3、箱门密封有间隙	检查箱门密封有无问题	若有间隙，要拧松调节固定螺丝来校正箱门。
	4、蒸发器上积存厚霜	检查蒸发器上有无过厚的霜（过厚的霜积存在于蒸发器上时，会大大降低冷却能力。如霜厚在10毫米以上时，不会获得冷却能力。	若有过厚的霜，要进行除霜。

第八节　电冰箱检修用的通用工具、材料与专用工具

§5·8—1　通用工具

通用工具指的是一般机械维修工具。这些工具我们都较熟悉，现列于下：

1、各类板手。活络板手、管子板手，梅花板手、呆板手等

2、大小规格的螺丝刀

3、各类锉刀。圆锉、方锉、扁锉、三角锉、什锦锉等

4、钢锯壹把

5、电烙铁（300瓦）一把

6、锒头、剪刀、尖冲、凿子、电工刀、三角刮刀

7、各类钳子。电工钳、钢丝钳、鲤鱼钳、尖嘴钳

8、袖珍万用表、500V兆欧表

9、压力表。高压表0～16公斤力/厘米^2（适用F—12）；
0～20公斤力/厘米^2（适用F—22）
低压表760毫米汞柱～0～10公斤力/厘米^2（适用F—12）
760毫米汞柱～0～16公斤力/厘米^2（适用F—22）

10、玻璃棒温度计（－30℃～20℃）壹支

11、电笔壹支

12、喷灯壹盏

§5·8—2　常用材料

1、氟利昂制冷剂

2、冷冻油

3、6毫米左右厚，长、宽各300毫米左右的方玻璃板（研磨用）壹块

4、粗细金刚砂、或粗、中、细研磨膏各一盒

5、各号砂布

6、汽油、酒精、药棉、纱布、甲醇

7、焊锡和焊药

8、石棉橡胶板，厚0.5、0.8～1毫米两种各0.5平方米

9、紫铜管ф6、ф8、ф10、ф12及ф14

10、吸湿剂（干燥剂）硅胶和无水氯化钙各1公斤

11、煤油（研磨用）

§5·8—3 专用工具及其操作

某些工具是制冷机维修操作的专用工具，为使我们能正确使用，对下述几种工具作些简单介绍，供参考。

1、方榫板手。

是专门用于快速旋转制冷机各类阀门、阀杆的工具，其外形如图5-8-1所示。板手的一头是活络方榫板孔。它的外圆是一个棘轮，旁边有一个撑牙，由弹簧支撑着，以使板孔只能单向旋动。使用时只须将方榫孔套入阀门杆端部的方榫杆内，将方榫板手一顺一反的连续摆动，就能将阀杆旋动而开足。若要关闭阀门，需将板手拔出翻一面再套上阀杆作一顺一反地摆动。旋转时可听到板手有“格啦格啦”的响声。

2、割刀。

割刀是切割铜管的工具，如图5-8-2所示。小割刀可切割管径为3～25毫米的铜管，割刀在切割铜管时，将铜管放在两个轮滚中间、旋动转柄至刀刃碰到管壁上。用一手捏紧管子（若手捏不住可用扩口工具夹紧），另一手捏转柄，使整个割刀绕铜管顺时针旋转。每转一圈，就顺转柄进刀1/4圈，这样边转边进刀，绕几圈后管子就被割断。注意进刀量最多为1/4圈，不能过深，否则会使管口出现内凹的收口状或割坏管口。

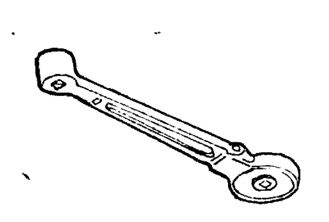


图5-8-1　方榫板手

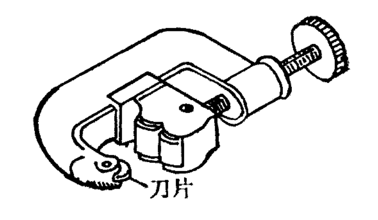


图5-8-2　割刀

3、扩口工具。

铜管用接头、接扣连接时，需用扩管口的工具来扩胀喇叭口才能密封，俗称“打喇叭口”。图5-8-3为扩口工具。

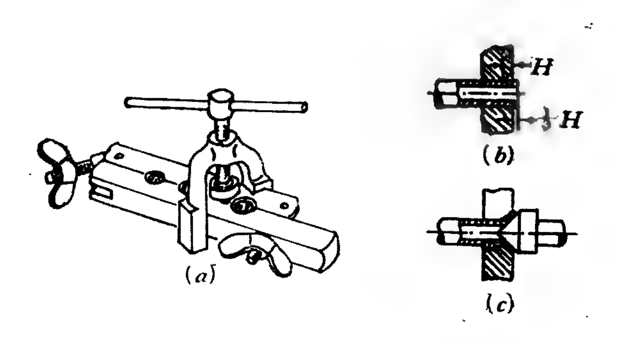


图5-8-3　扩口工具

操作方法：

将已退火过的且已割平的管口除去毛刺或飞边。内圆飞边可用三角刮刀刮（或细砂布擦）。将接口铜管，放入扩口工具内与管径相同的孔径的孔中，管口朝向喇叭面，铜管需露出喇叭斜面高1/3的尺寸〔参看图5-8-3（b）〕，

将工具两头的翼形螺母旋紧，把铜管紧牢固。然后用顶压器的锥形支头压在管口上，其拉脚卡在扩口工具内，慢慢旋动螺杆，使管口挤压出喇叭口形如图5-8-3（c）所示。此喇叭口形应是整齐的90°扩角。喇叭口不应有裂口和麻点的缺陷。

喇叭口产生裂缝一般有三个原因：（1）管口伸出工具平面过高；（2）挤压时螺杆旋得过快；（3）管子材质太硬（可能没有退火）。如发现喇叭口高低不齐，则说明切割管子时，将管口切歪了，或是毛刺飞边未处理好。

4、弯管工具。

铜管的弯曲一般都应由弯管工具来弯曲，如图5—8—4所示。为了不使弯管处的管壁有凹瘪现象，各种管子的弯曲半径应不小于5倍的管径如图5-8-5所示。

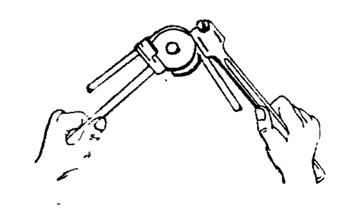


图5-4-8　用弯管工具弯管

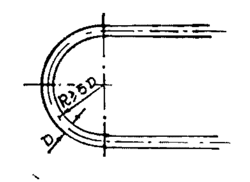


图5-8-5　最小的弯曲半径

弯管的操作方法：把已退火的管子放入弯管工具，慢慢旋转杆柄，使管弯曲。待弯到所需角度后，可将弯管退出模具。

5、冲大小头模具。

冲大小头模具（简称冲头）是铜管扩口工具。当管子需要插入钎焊连接时，就需将一根管子口扩张，使另一根管子能插入扩口管子内再钎焊。扩口管径等于接管外径d+0.1～

0.2毫米。因此，冲头外经应等于上述尺寸，如图5-8-6（a）所示。冲压时，下面可用扩口工具夹住（见图5-8-6（b））再用锒头敲击冲头。

6、氟利昂瓶（3公斤容量）及瓶接头。

7、ϕ6紫铜冲灌管及接头一套，如图5-8-7所示。

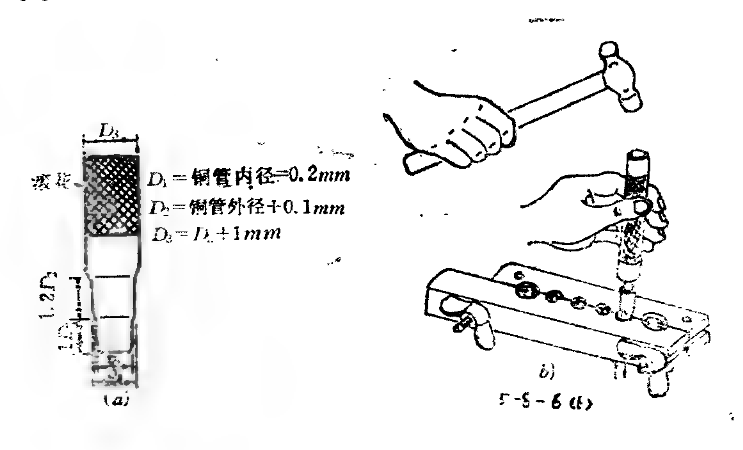


图5-8-6　冲头结构

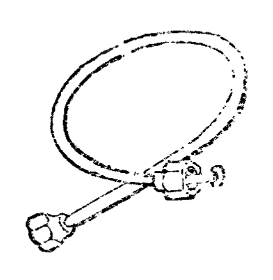


图5-8-7　连接管（充灌管）

第六章　单相异步电动机的修理

众所周知，电扇、洗衣机、电冰箱等家用电器，大多使用单相电源，作为将电能转换成机械能的单相异步电动机则被广泛地应用在这些家用电器中。当这些家用电器因外来干扰或使用不当时，当然也有的是自然老化原因，往往使电动机产生故障。所谓电动机的故障不外是两类：一类是电动机定子绕组发生故障即电气故障；另一类则是机械故障。而电动机修理的大部分工作是对绕组进行修理。因此，绕组修理质量的好坏，接线的正确与否，对整个电动机的性能有着很大影响。

要修理好绕组，必须对电动机绕组的结构型式、接线原理以及方法有清楚的了解。为此，读者应仔细阅读本书第三章有关绕组方面的知识之后，才能掌握好本章所阐述的全部内容。

第一节　单相异步电动机的局部修理

电动机的损坏除绕组方面外，机械方面的故障也是常见的，如果机械部分修理不当，电机同样也不能可靠地正常运行，本节拟对电机中机械方面的修理和绕组方面的局部修理作一简单的介绍。

§6·1—1　电动机的正确拆装

要修理电动机，就要把电动机拆开，如果拆得不好，反而会将电动机拆坏；修好后还要把电动机重新装上，如果装得不好，还可能出现新的故障。因此，我们必须掌握电动机的拆卸和装配技术。

一、电动机的拆卸

拆卸前，应将各种工具准备好，作好拆卸前的记录。拆卸的步骤和方法如下：

1、拆卸皮带轮和联轴器。

先松脱皮带轮或联轴器的固定螺栓或销子，再用皮带轮“拿子”把皮带轮或联轴器慢慢地拉出来，如图6-1-1所示。使用时要注意顶正，还要注意皮带轮和联轴器的受力情况，不要使轮缘被拉裂。如果拉不下来时，可以渗些煤油再拉。或用喷灯加热，乘热迅速拉下。如不需换洗轴承的电机，有时可不拆联轴器。

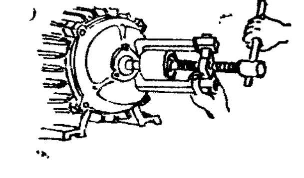


图6-1-1 皮带轮拆卸

2．拆卸风罩和风扇。

皮带轮拆下以后，就可以拆卸风罩和风扇（图6-1-2。在不需要修理和维护轴承时，风扇一般不拆下，可以连同转子一起抽出。

3．拆卸端盖。

先拆除轴承盖，再拆端盖。拆卸前，应在端盖与机壳的接缝处作好记号，两个端盖的记号不应相同，以免装配时弄错。拆卸时，先拧出端盖的紧固螺栓，然后用铁锤或木锤轻轻敲打端盖跟机壳的接缝处，把端盖卸下来(如图6-1-2)。

一般单相电动机都只须拆下有皮带轮一侧的端盖和轴承盖，这样在另一侧就可把端盖、转子和风扇一块抽出。拧松端盖螺栓时应依次把对称的螺栓逐步拧松，以防端盖受力不均。

4．抽出转子。

单相电动机的转子可用手取出，抽出转子时，要特别小

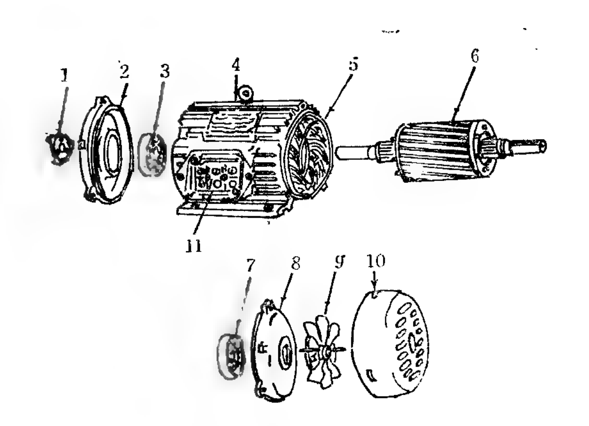


图6－1－2电动机的构成

心，防止把定子线圈损坏。

5．拆卸轴承。

一般用轴承“拿子”来拆卸轴承，先渗些煤油，然后把轴承“拿子”的抓钩安放在轴承的内圈，如图6－1－3所示。螺杆对准轴的中心，旋转手柄，轴承就可以慢慢地拉出来。

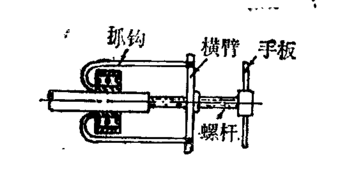


图6－1－3轴承拆卸

拆卸时应注意“拿子”抓钩要套在轴承的内圈上，不能套在外圈上；螺杆应跟转轴中心线一致，不能歪斜；开始拉力要小，防止抓钩脱滑。

如果由于锈蚀严重，用“拿子”拆不下来，还可以用加热法拆卸。把机油放在炉子上加热，当温度达到100℃左右时，把油浇在轴承内圈上。浇油之前用湿布包扎转轴，尽量不使转轴受热。因为转轴受热也会膨胀，这样轴承就难拆

下。浇油3～5分钟就要迅速拆卸。

二、电动机的装配

电动机修好之后，要进行装配。装配的顺序与拆卸的顺序相反。

首先安装轴承。比较简单的办法是用套管安装。套管可以用废短管自制，套管内径应略大于转轴直径，厚度应为轴承内圈厚度的2/3～4/5。安装时在套管一端垫上硬木板轻敲慢装，不可用力过猛（图6－1－4）

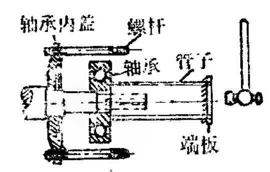


图6－1－4 轴承安装

轴承也可以用加热法安装。把轴承放在100℃左右的热机油内加热10～15分钟，然后用铁钩取出套在转轴上。加热时不能让转轴承接触锅底，以免轴承局部过热回火而失去硬度。

轴承装好后，要用手试试转动是否灵活。如果转动不灵活，就要检查是否有歪扭，咬住，摩擦过大等问题。

装好轴承后就可依次安装其它部件，这时应注意下列事项：

（1）放入转子前要吹刷一次定子，特别是绕组的端部，并查看转子表面是否清洁。

（2）装入端盖前要仔细清洗轴承，已清洗过的也应仔细检查，并加入适当的润滑油脂，一般1500转/分以下的电动机，装三分之二弱；3000转/分的电动机装三分之一为宜。

（3）端盖的紧固螺栓应均匀交替拧紧，还应把两个端盖同时装上、同时拧紧固定螺栓。安装中应随时转动转子，看是否转动灵活、轻便，以免装好后电动机转动困难。若转

动不轻便，可用木锤敲击轴的两端进行调整。

（4）装轴承盖时，内外盖的螺孔要对正，并加入适当的润滑油脂，然后再用螺栓使内外盖夹紧轴承。

§6·1—2 轴及轴承的修理

一、轴的修理

轴是传递转矩、带动机械负载的主要部件，它必须有足够的强度来传递电机的功率，并且要有足够的刚度，以免电机在运转时，定子与转子相擦。

轴的损坏现象有：轴头弯曲，轴颈磨损，轴裂纹、轴断裂等。

轴的修理应该在有条件的工厂进行。轴弯曲后，要在压力机上矫正。如果弯曲过大，可用电焊在弯曲处表面均焊一层，然后上车床，以转子外圆为基准找出中心，车成所需尺寸。

轴颈磨损后，可采用电镀法在轴颈处镀一层铬，再磨削至需要的尺寸。如果磨损较多，可用在表面堆焊一层的方法来修复(图6-1-5）。磨损过大也可用套筒热筒法(图6-1-6），在轴颈处车小2—3毫米，再车一合适套筒，将套筒加热后乘热套入，最后精车。

轴有裂纹或已断裂，最好是换一根新轴，单相电动机一

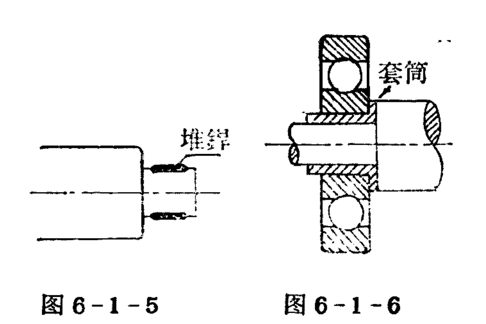


图6-1-5　　图6-1-6

般用35号钢或45号钢。

转轴损坏的原因，除制造质量本身有问题外，大多数是由于使用不当而造成的。如拆卸皮带轮时，不用专用工具而硬敲，再加上敲打时受力不当而引起轴的损坏。安装时两皮带轮或联轴器不在同一直线上，也容易损坏轴头。

二、轴承

单相异步电动机的轴承都采用滚动轴承，因为它装配方便，维护简单，而且轴承与轴紧密配合，保证了定子，转子不易相磨擦。

判断轴承是否损坏可从以下二方面来检查：

（1）声音方面。

当电动机在运转时，发出不均匀的杂声，表示轴承运行不正常。严重的杂声很大，可以直接听出来。轻微的杂声，可把螺丝刀的一端靠在轴承盖上，其柄贴在耳边来辨别。轻微的杂声，大部分是由于轴承内有砂子、铁屑等杂物或者弹子（滚珠）有缺陷、轴承油不清洁而引起的。

（2）径向间隙方面。

一般用经验法来检查，电机拆开后，用手摇动轴承外圈〔图6-1-7(b)〕，正常的轴承是觉察不出有松动的。磨损过度的轴承，当摇动其外圈时就能觉察到。另一种办法是手握电动机的转轴，用一定的力上下掀动〔图6-1-7(a)〕。如果有明显的松动现象，就说明轴承已磨损过度。

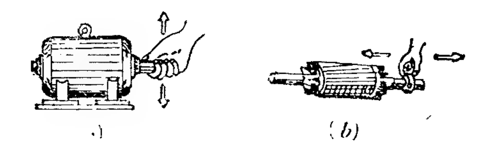


图6-1-7）

对于已磨损过度的轴承，应该换用新的。轴承的拆卸和安装方法见§6-1-1。

§6·1—3 绕组的局部故障及修理

一、绕组绝缘不良

长期未用的电动机，特别是受过雨淋、水浸的电动机，在使用以前，要用500伏摇表检查绝缘电阻，把测试棒分别接触在出线头和机座以及两个不同绕组（主绕组，副绕组，调速绕组）的出线头来进行测量，如果测得的绝缘电阻小于0.5兆欧（MΩ），则说明电机绕组受潮严重，需要烘干处理后才能使用，可用灯泡、电炉，烘箱等加热烘干。有些电动机的绕组原来绝缘就没有处理好，或电动机的绝缘老化，经常因停用几天即发生绝缘电阻下降现象，可以烘干后再浸漆处理一次。

二、绕组接地

当电动机长期过载运行，但温升超过规定，导致绝缘老化发脆；或导线松动，硅钢片未压紧有尖刺等原因，在振动情况下擦伤绝缘；或因定子和转子相擦，使铁芯过热烧伤槽楔和槽绝缘；或因电机绕组制造不良等等，都能造成电动机绕组的接地故障。绕组接地时，接地处产生电弧，局部过热，会很快发展成为短路，烧坏电机绕组或熔断电源保险丝，若接有接地保安器（或称漏电开关），则保安器会切断电源，出现上述现象时，应迅速停机检查修理。

接地故障的检查方法：

（1）用500伏摇表测量对地绝缘电阻，当转动摇柄时，指针指到零，表示绕组已接地。当指针摇摆不定，则说明绝缘已被击穿，不过尚有一个低电阻存在而已。

（2）如果没有摇表，也可用220伏灯泡串接检查，如图

6-1-8所示。此时应拆去机壳的接地线和固定的地脚螺钉，将电机放在木块或工作台上，要注意安全，以防触电。如果灯泡稍亮表示绕组绝缘已损坏，灯泡全亮表示绕组已直接接地。可拆出端盖和转子，再检查接地点的位置。

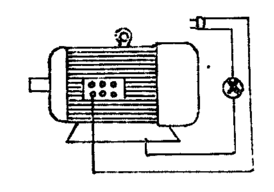


图6-1-8

（3）也可用R×10K挡的万用表来检查接地故障。此时注意人的手不要触及测量棒，以免测量不准。

用以上几个方法还不能发现接地点时，则接地点可能在槽内。先确定某一相绕组接地后，再把该相的极相组间的联接线剪开，用分组淘汰法逐级找出接地点。

排除接地故障时，应仔细观察绕组损伤情况，除绝缘已老化变脆外，都可以局部修补。如果接地点在槽口或槽底线圈出口处，而且只有1～2根导线绝缘损伤，则可将绕组加热（或滴入煤油＋天那水混合剂），待绝缘物软化后，用划线板撬开接地点的绝缘槽，插入适当大小的复合纸，将损伤导线间开，然后再用上述方法复试。绕组绝缘恢复后，在修补处刷上自干绝缘清漆即可。

三、绕组短路

1．相间短路。引起相间短路的原因有：

（1）绕组连接线或引出线套管（黄腊管）绝缘被击穿而损坏。

（2）绕组端部或槽内相间绝缘击穿或没有垫好（双层绕组）。

相间短路可以用摇表、万用表、串灯法逐级检查找出短

路点。

2．匝间短路。导线本身绝缘损坏，相邻的导线互相接触，即发生匝间短路故障。短路线圈内产生很大环流，使绕组迅速发热、冒烟、发出焦臭味。短路匝数较多时甚至熔断保险丝。此时，由于转子所受电磁转矩不平衡而使电动机振动，并发出不正常响声。

对于单相电动机，可将电动机空转一分钟左右，然后停车，迅速打开端盖，取出转子，用手摸绕组端部，如果有一个或一组线圈比其它的热，即表示这线圈有匝间短路故障存在。如在空转过程中有焦臭味或冒烟现象，应立即切断电源进行检查。

另一检查匝间短路的办法是电压降法：把有短路那一相的各极相组连接线的绝缘套管剥开，并从引线处通入适当的低压交流电，用交流电压表（或万用电表）的交流电压挡）测每组接点间的电压降，电压表读数小的那一组或一个线圈即有短路存在。先检查出那一组，然后检查出那一圈。接线如图6－1－9所示。

3．短路绕组的修补。如果短路绕组的导线绝缘还未烧坏，可以局部修补，方法如下：

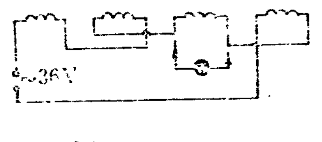


图6－1－9

（1）整个极相组短路的修补。这种故障主要是极相组间的联接线上黄腊套管没有套到线圈的槽部，或黄腊管已被压破所致。典型的极相组短路故障如图6－1－10（a）所示。同心线圈较多发生此故障。

有这种短路故障时，可将绕组加热（或滴煤油＋天那水溶剂），使绕组变软，用划线板撬开引线处，将黄腊管重新

套到接近槽部〔图6－1－10（b）〕或用复合绝缘纸垫好，即可消除故障。

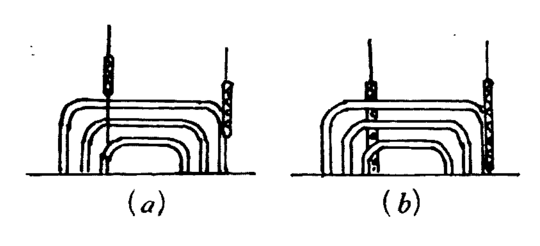


图6－1－10

（2）线圈间短路的修补。这种故障往往是因为每个线圈与本组的其它线圈过桥线处理不当，或迭绕式线圈下线方法不恰当，整形时用锤猛击，造成线圈间短路，容易发生短路故障的部分如图6－1－11所示，如果短路点在端部，可用复合绝缘纸垫妥修复。

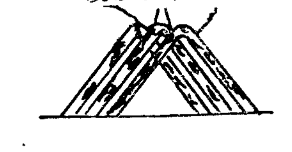


图6－10－11

（3）匝间短路修补。

这种故障大多由于导线绝缘破裂所造成，例如，下线时由于槽满率较高，压破导线绝缘，或在修理断线时，由于在断线处焊接的温度太高，烧焦导线绝缘等，使几匝导线短路；由于匝间短路时，短路电流较大；等到发现短路时往往这几匝导线已烧成裸线了。如果槽绝缘还未完全烧焦，可以将短路的几匝导线在端部剪开，利用前述方法使绕组变软，再用钳子将已坏的导线抽出(图6－1－12)，如短路的匝数占槽内总匝数的30%以下，则不必再串补新导线，只需将原来的

线圈接通，即可继续使用，仅是电气性能较差。如整圈短路，则须将该短路线圈拆除，换上新线圈，接通整形后，再淋上自干绝缘清漆。注意：在抽出短路坏导线时，不要碰伤相邻的线匝。

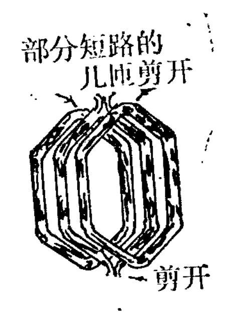


图 6-1-12

4．损坏线圈的穿绕修补。电动机绕组局部损坏时，不论是接地，短路故障，全部拆换费工费料，局部拆换时，往往容易将本来完好的绕组也弄坏了，尤其是双层迭绕组，更换一只线圈，就要将一个节距内的所有线圈全部拉到槽外，损坏的机会会更多。克服这个困难的途径，是用穿线修补法。

将电机的坏线圈两端剪断，然后将坏线圈的上、下层边从槽内一根根地抽出（淋煤油＋天那水溶剂）原来的槽绝缘不要清除，另外用一层复合绝缘纸做成圆筒，塞进槽内，用原来规格的导线，量得比原线圈的总长稍长些，在槽内来回穿绕到原来的匝数。若穿到最后几匝有困难时，可用比导线稍粗的竹竿做引线筒进行穿绕。

第二节　单相异步电动机定子绕组的全部拆换

电机的铁芯使用寿命很长，但是它的绕组部分较脆弱。当使用不当时，往往一台新电机只须几十分钟，甚至十几分钟，即能将绕组烧坏。另外，电机长期过热使绝缘老化，或者绕组局部修理已无法挽救，这就需要全部拆换绕组，本节主要讲述电机定子绕组的拆换步骤及其工艺。

§6·2—1 拆除旧绕组

要重绕定子绕组，在拆卸电动机之后，就要把已经损坏的旧绕组拆除。在拆除之前，应该了解损坏的原因，以便修好后注意使用，防止重新烧毁。

在拆除旧绕组之前和在拆卸途中，要陆续记录下述的数据，作为今后修理工作的根据。

（1）绕组型式和节距，对同心式绕组，要记录大小线圈的节距。

（2）线圈匝数和线径，线径要用千分卡来测量。

（3）线圈尺寸：量出绕组端部伸出铁芯的长度并算出一匝线圈的长度。也可以在拆卸中设法保存一匝完整的线圈，作为绕制线圈的根据。

（4）绝缘材料。

（5）拆下的旧绕组的总重量。

拆除旧绕组的方法，有冷拆和热拆两种。冷拆的修理质量较好，但拆除较费工。热拆由于要加热，容易损伤铁芯的绝缘，但拆起来比较容易。

冷拆的做法是先把电动机的槽楔用电工刀劈开、打出，然后把线圈的一端割断，在另一端用钳子夹紧拉出，或做一个与槽的大小相当的铁支，用榔头敲打铁支，将线圈从铁芯槽中挤压出来。

热拆的做法是用大电流来对绕组断续加热或用木炭、木柴火烧，使绝缘物软化后再拆，加热时要注意温度不可过高，以免损伤铁芯。

笔者在实践过程中，总结出用溶剂溶解法进行拆卸，溶剂的成分是煤油80%，天那水20%混合后，用滴管滴入电机定子槽中及绕组端部，待绝缘软化后（约45分钟），即可

轻而易举地将定子线圈拆卸下来，非常经济和干净。槽内的残留物很易清除。有的书介绍采用丙酮25%、酒精20%、苯55%混合后作溶剂，虽然能达到拆卸的效果，但有的地方不容易购买到这些化学药品，且价格昂贵，不经济。

§6·2—2 线圈的绕制

线圈是在绕线模上绕制的。绕线模的尺寸应该做得很准确。如果小了，就会使线圈端部太短，下线困难，甚至不能嵌入槽中。如果大了，就会使线圈端部太长，不但浪费导线，线圈还容易碰端盖，另外绕组电阻和端部漏抗都增大，影响电气性能。

自制绕线模时，模心的尺寸要以拆线时留下的完整的线圈或记录下来的数据为依据，模芯制成后，可在其轴心处倾斜地锯开，半块固定在上夹板上，半块固定在下夹板上（图6-2-1），以便绕好线圈后容易脱模。

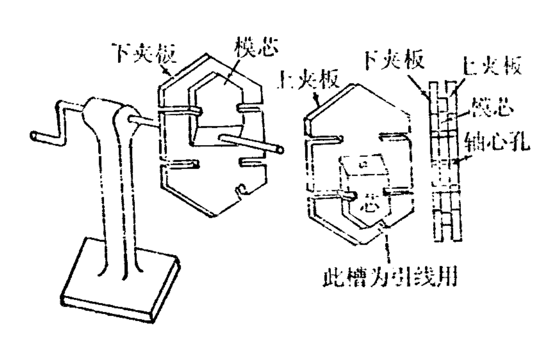


图6-2-1

绕线模一般用干燥的硬木制作，也可用夹板制作，这样不易翘裂变形，绕线模可以根据每极每相的线圈来做，如每极每相有三只线圈，就可做三块模芯，四块夹板，使三只线

圈（一极相组）可以连绕，省去线圈间的焊接。但单个电机的修理，可只做一个模心，绕完一线圈后，将其扎牢拆下，再扎在夹板侧继续绕第二个线圈，直至绕完一个极相组，才剪断线头。

绕线用的导线的直径一定要等于拆下来的导线的直径。

绕线时把绕线模装在绕线机的转轴上，导线的头一般是挂在右手边，从右边向左绕（图6-2-2）同心式绕组先绕小线圈，再绕大线圈。导线在进入绕线模之前要适当拉紧，这样绕出来的线圈才能平直整齐。拉紧导线的方法可以用手隔着几层布来拉紧，也可以在绕线机和放线架之间用浸过石腊的毛毡来压紧导线（图6-2-3），拉紧导线时不可用力过大，以免导线伸长变细。

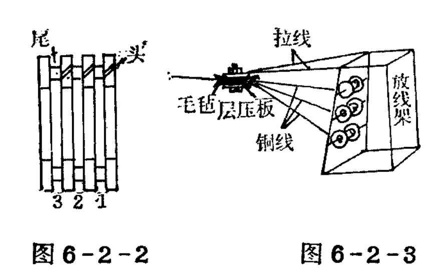


图6-2-2　　　图6-2-3

如果导线长度不够，可以焊接。要注意焊接点一定要放在端部，绝不能放在槽内部分。因为在下线时，槽内部分要承受机械力，如果有焊接点，这里就很容易损坏。焊接工作可留到绕组全部绕完后处理，焊完后要除去毛刺，套上黄腊管。

绕线中要细心注意匝数，一定要跟拆除的旧绕组相同，绕制完毕，把线圈从绕线模上取下来之前，要用细棉绳把每个线圈都扎好，以防松开散乱。

§6·2—3 下线

下线是很细致的工作，一不小心就容易出错。初学下线者一定要细心工作，不可贪快。全部下线工作包括放置槽绝缘、下线、封槽口，放置相间绝缘、端部整形和包扎等步骤，下面分别予以叙述。

一、放置槽绝缘

槽跟导线之间垫的绝缘层叫做槽绝缘，不同系列的电动机，槽绝缘用的材料不同。单相异步电动机，槽绝缘用聚酯薄膜青壳纸（复合绝缘纸）。这种材料属E级绝缘材料，耐热极限温度为120℃。槽绝缘的两端应伸出槽外5～10毫米为了加强槽口的机械强度，往往将槽绝缘的两端摺叠成双层，因下线时铁芯与槽口两端槽绝缘磨擦较大，容易使槽绝缘损坏，造成绕组和铁芯之间直接接触而损坏导线绝缘，发展成为接地故障。另外，槽绝缘的两边应适当高出槽口（约10毫米），以便下线及下完线后折合封口时能把导线盖住。根据上述要求确定槽绝缘的尺寸后，剪裁好绝缘材料并穿入吹刷干净的定子槽口内。

双层绕组的上下层线圈之间还要放层间绝缘。层间绝缘一般用0.2～0.5毫米的绝缘纸，它的长度应比槽长10～20毫米，折成U形，盖住下层线圈边，应该注意不能有个别导线曲在层间绝缘上面，否则，将造成相间击穿。层间绝缘须用压脚压实。

二、下线

下线要用专门工具——划线板和压脚（图6-2-4）。划线板用竹、塑料、胶木制成，用来把导线划入槽内。压脚用黄铜或软铁制成，用来把槽内的导线压实。

单相异步电动机的绕组多数采用同心式，一般主绕组嵌



图 6-2-4

在底层、副绕组（和调速绕组）嵌在上层，成两平面型。下线时先下主绕组，再下副绕组（和调速绕组），根据这种顺序下线时，还要注意方法。首先在槽口两边安放临时的引槽纸，以便导线能顺利地进入槽内。然后把线圈边的绑线剪去，把导线上下疏散开，捻成一扁片，用手拿着它对准张开的引槽纸一根一根地嵌入槽内（图 6-2-5），同时用划线板进行梳理。在线圈边全部嵌入槽内后，顺着槽的方向轻轻来回拉动线圈几次，使导线在槽内排列整齐，并使导线在两端伸出槽口的长度相等，然后取出引槽纸。

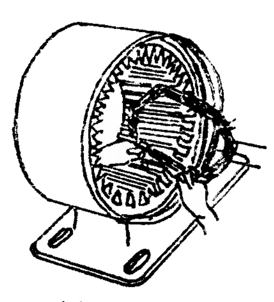


图 6-2-5

下线过程中要特别注意清洁，不要让铁屑、油污、尘埃等沾在导线上

三、封槽口

下线完毕后，先用压脚把槽内的导线压实，然后折叠槽绝缘把导线包住，再用压脚把槽绝缘压紧后，就可打入槽楔封住槽口。槽楔一般是竹制的，它的长度比槽绝缘短 3 毫

米，厚度不小于2.5毫米。打入槽楔时用小锤轻敲它的端部，使它平直地进入槽内，最后它两端伸出槽口的长度应相等。封好的槽口如图6-2-6所示。

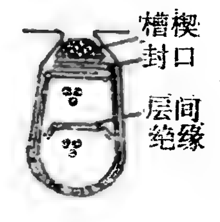


图6-2-6

四、放置相间绝缘

为了防止在端部发生相间短路，端部各相导线之间要用绝缘纸隔开，这就是相间绝缘。把绝缘纸剪成适当的形状，插入端部相邻的两个极相组之间。绝缘纸的下边要注意跟槽绝缘连接，以便把属于两相的导线完全隔开。

五、端部的整形和包扎

下线完毕后，为了使在以后的工序中转子容易装进去，同时端部又不致跟端盖部碰擦，就必须把绕组的端部整理成适当的里小外大的喇叭口。整形的方法是用木榔头垫上木板（棒）轻轻敲打。

整好形后，把相间绝缘纸修剪整齐，纸高出导线5～8毫米即可。将应焊接的接头都焊好以后（参看下节），还要用白布带把端部和引出线一齐绑牢。这是因为定子绕组虽然静止不动，但电动机在运行过程中，导线中通有交变电流，在旋转磁场中要受到电磁力作用而产生振动，所以端部必须绑扎结实。

§6·2—4 接线

接线就是把嵌入定子槽的线圈连接成主绕组、副绕组、调速绕组，并接好电动机的引出线。

如果绕制线圈时是各个线圈单独绕制的，就要先把有关

线圈接成极相组，再把有关极相组接成各相绕组，最后再接引出线。如果绕制线圈时是各个极相组连绕的，就只要把有关极相组接成各相绕组后再接引出线就行了。如果绕制线圈时是每相连绕的，就只要接引出线就行了。可见，为了节省接线工作并且避免可能发生的接线错误，最好在绕制线圈时，每相连绕。但对初学下线者来说，绕制成极相组会方便得多。

各线圈之间，各极相组之间的连接顺序在第三章各节中都已经讲过了。接线工作要仔细按照这样的顺序来进行，不可粗心弄错。这些连接顺序的共同规律是：在一个极相组内，各线圈中的电流方向相同，它们是串联的；在一相之内，如果极相组数等于极数，各极相组中的电流方向相反，它们是头接头、尾接尾；如果极相组数等于磁极数的一半，各极相组中的电流方向相同，它们是头接尾，各相的引出线之间（主绕组与副绕组之间），相差90°电角度。

各相绕组接好后，二相共有四个线头，在这四个线头上要接四根引出线(有的仅引出三根线)，引出线再从出线孔穿出，接在接线盒内。引出线一般采用橡皮或塑料绝缘的软铜线，其截面可以根据电动机的额定电流按表6—1选择。

表6—1

额定电流（安）	6以下	6～10	11～12	21～30
引出线截面(〔毫米〕^{2})	1	1.5	2.5	4

所有的接头都要焊接。焊接前先套入绝缘套管，除去焊接处导线的绝缘皮并把导线打磨干净，然后将线头用钳子紧扭在一起。焊接时要用松香作焊剂，以免腐蚀，焊好后把绝缘套管套上。

焊接完毕后，要对定子绕组仔细检查，不要等浸漆烘干后再检查。重绕的绕组可能发生的问题不外乎接地、短路和接错等。接地、相间短路和断路都可以用万用表来检查，检查方法前面已讲述过了。下面主要讲接线错误的检查。

接线错误不外乎三种情况：线圈接反；极相接反；相的头尾接反。

是否发生这几种接线错误，有经验的修理工人常用直接观察的方法来检查。但是，缺乏经验的人，用这个方法往往感到困难，检查不清楚，这时可用下述方法来检查。

对于线圈接反和极相组接反，可用指南针来检查。先用电池给某相绕组通入6伏的低压直流电，把指南针放入铁芯内移动一周，如图6-2-7所示。它在依次经过这相绕组的各个极相组时，应该每经过一个极相组就反转一次，这是因为同相的相邻极相组的极性是相反的。如果指南针在经过相邻的两个极相组对指出的极性相同，就表示有一个极相组接反了。如果在某一极相组上指南针的指向不定，就表示这个极相组内有接反的线圈。用同样的方法可以检查出另一相绕组有没有接反的线圈和极相组。

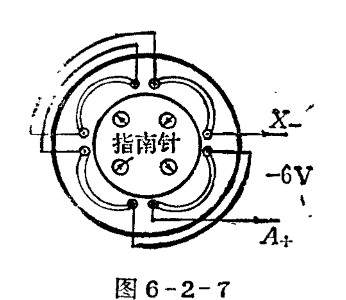


图6-2-7

至于各相的头尾是否接反，很容易从接线图中给予改正。

§6·2—5 浸漆烘干

定子绕组经过检查无误，并用白布带包扎端部后，还要进行浸漆和烘干。这是因为浸漆后线圈中的空隙被绝缘漆填

满，外界潮气不易侵入，于是提高了防潮能力。同时，绝缘漆的绝缘能力比空气大得多，浸漆后增加了绝缘强度；绝缘漆的传热性能也比空气好得多，浸漆后改善了散热条件。此外，浸漆后线圈被绝缘漆粘合成一整体，又能提高绕组的机械强度。所以，在制造和修理电动机中、浸漆烘干是一项十分重要的工艺过程。

在浸漆之前，要先对定子绕组进行预热，以便把线圈中的潮气驱逐出去。预热的温度一般在120℃左右，时间约为8小时。

预热后的绕组，等温度降到70℃左右时，就要浸漆了。对于单相异步电动机，可用1032三聚氰胺醇酸漆。大批浸漆时，可以把定子绕组泡入绝缘漆内约半小时，等漆面停止冒泡后就可以取出。在农村个别浸漆时，可以用浇灌的方法。在铁盘上放一木块，把定子的铁芯放在木块上，用漆壶沿绕组端部圆周慢慢地均匀地浇漆（图6-2-8）。浇好一来端后待漆慢慢渗下，再翻过浇另一端。

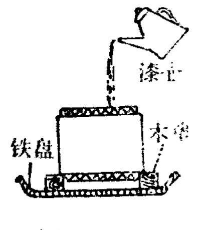


图6-4-8

浸漆后把绕组放在架上让余漆滴净，时间大约需要半小时。然后把除绕组外其余部分的绝缘漆用汽油或松节油擦洗干净。接着就是烘干了。烘干的目的是使绝缘漆干固。烘干的温度为80～120℃，时间约为13小时，先要用较低的温度（例如80℃左右）烘烤，以免绝缘表面干燥太快而结成皮膜，使内部水分无法排出。大约过3小时后再把温度提高到120℃左右继续烘烤10小时。烘干过程中要有专人

看管，经常观察温度，以免烤坏绕组。

预热和烘干的办法很多。在大批量修理电动机的工厂，设有专用的烘箱或烘房。在农村个别修理电动机时，可以直接用普通瓦数较大的照明灯泡放在电机定子内烘干。若用红外线灯泡来代替普通灯泡，效果就更好，因为红外线的穿透力强，能直接对绕组内部加热，这样就能提高烘烤的质量和速度。

§6·2—6 检查试验

定子绕组修理完毕，就可以重新装配电动机。装配好以后还要进行检查试验，合格后才能交付使用。检查试验的方法，一般有外观检查、测绝缘电阻、测直流电阻、耐压试验、短路试验、空载试验、匝间绝缘强度试验等项目。在农村条件下，一般很难办到，但最低限度应作外观检查、测绝缘电阻、空载试验三项。

1．外观检查：主要检查电动机及其辅助设备的装配是否正确紧固，转子转动是否灵活，有无碰擦现象，引出线的接法是否正确。

2．测绝缘电阻。通常用500伏兆欧表来测量电动机的绝缘电阻（包括对地的绝缘电阻和相间绝缘电阻）。合格的电动机绝缘电阻不应少于5兆欧。在没有摇表的情况下，也可用万用电表来测量绝缘电阻。不过这种方法误差很大，测量结果很不精确，但总比不作任何测量为好。

3．空载试验。在空载试验中，除了观察电动机的运行情况外，主要是测量空载电流，看空载电流是否超出规定值：1千瓦以下的电动机空载电流应是它额定电流的50～60%；3～10千瓦的电动机，空载电流应是它的额定电流的30～40%。如果空载电流超出上述范围，就表示定子跟转子

间的空隙可能过大，或者是定子绕组的匝数减少了，或者是转子铁心有轴向移动。

第三节 电风扇定子线圈的修理

§6·3—1 罩极式电机

罩极式电机有二极和四极两种、四极电机的结构简图如图6-3-1所示。有些老式电扇，其轴伸出端端盖与外壳连成一体，建议不要为了便于拆线而把铁芯从机壳中倒出来，这样会影响铁芯内径与机壳止口的同心度。铁芯从机壳中取出后，如果装反了，旋转方向将相反。

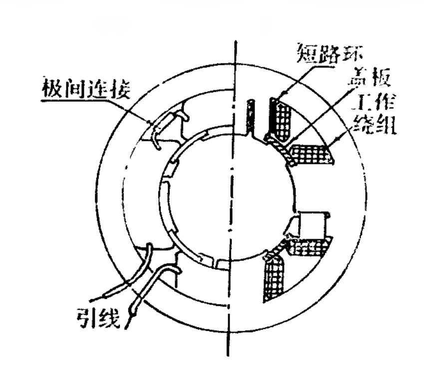


图6—3—1

重绕时，线圈的匝数、线径、线模大小尽量采用原来的数据。如果对原有数据怀疑，或者数据遗失，也可参照附表5所给出的数据选取。值得说明的是，同一产品由不同工厂制造，其内部数据不尽相同。即使是由同一工厂制造，由于材料及工艺的变更，不同年代出厂的产品，其内部数据也会有所变动。因此，附表所给的数据，仅供修理电风扇电机时参考。

线模结构与一般绕线模相同。线模厚度不宜大于线槽的深度，以导线在线模上排列为正方形为宜。线圈自线模卸

下后，先用白布带临时半迭包一层，在圆木棍上把线圈压出相应的弧形。然后拆去临时布带，换上橡胶或塑料绝缘软线，重新用0.15×15的黄腊绸半迭包一层，或用0.05的聚脂薄膜带半迭包两层，外面再用0.1×15的白布带半迭包一层，注意转角处不能包得太厚。直线部分宜包紧一点，端部则应包松一点。

浸渍处理时，带有机壳轴承的以淋漆为宜，以防止漆进入轴承内。定子铁心能从机壳内取出来的，可以采用浸漆，但烘干后应把定子铁心内外余漆刮净，以免影响定子铁心的定位。

接线的方法，仍然是头接头、尾接尾。为了使极间联线短而整齐，包扎绝缘时引线的布置有开口和交叉两种形式，如图 6-3-2 所示。

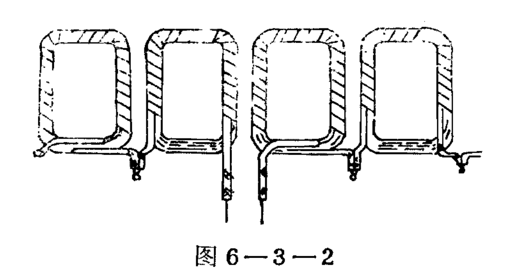


图 6—3—2

罩极电机都是用电抗器调速。接线方式如图 6-3-3

§6·3—2 电容式电动机

电容式电扇电机定子铁芯常见的有 8 槽和16槽两种，都是四极的，主、副绕组互成90°电工角度，其简图如图 4-2-14所示。但也有采用迭绕下法的，其简图如图 6-3-4 所示，主、副绕组逐个交叉嵌放。其优点是较易整形，缺点是要翻把。

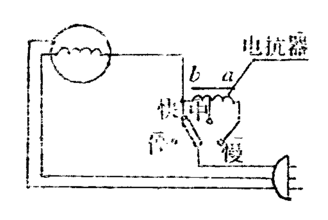


图 6-3-3

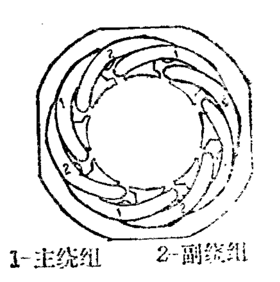


图 6-3-4

电容式电扇的调速 分电抗器调速和抽头调速两 种。电抗器调速带指示灯 的，一般有六个引出头，外 部接线方 式 如 图6-3-5。电 抗器铁芯尺 寸 如 图 6-3-6 所示。电抗器的技 术数据见表6—2。

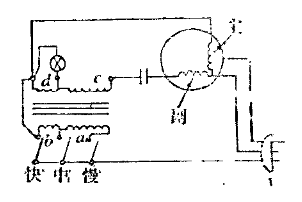


图 6—3—5

表 6—2　　　　**台扇电抗器数据**

类别	规格	铁芯型式	铁芯长	接线图	绕组数据					指示灯
					线径	匝数				
						a	b	c	d	
罩极式	300	方	13	图6—3—3	0.27	100	75			无
	400	方	17	图6—3—3	0.41	70	380			无
	400	圆	20	图6—3—3	0.41	76	425			无
电容式	400	方	19	图6—3—5	0.23	200	800	455	45	6.3V
	400	圆	20	图6—3—5	0.23	200	800	465	70	6.3V

抽头调速电扇的定子绕组一般有5个引出头，具体线路如图6-3-7、图6-3-8、图6-3-9所示。在图6-3-7中，一共有10个线圈，其中主、副绕组各有4个线圈，调速绕组有2个线圈，每组线圈的匝数和线径不同。图6-3-8有12个线圈，调速绕组2、6的匝数较多，这样可使中速时的转速与高速时的转速有效明显的差别。图6-3-9也有12个线圈，调速绕组2、4、6、8的匝数和线径都相同，中速时串入了三个调速绕组在主绕组电路中，这时电气上虽不平衡，但调速较均匀。

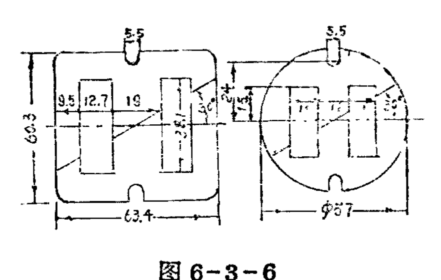


图6-3-6

下线工艺：主绕组放在下边，调速绕组和副绕组放在上边，因调速绕组和副绕组嵌放在同一个槽内，组间绝缘垫放困难，只能靠漆包线本身的绝缘，容易引起短路故障。线圈下好后要进行整形、接线、端接部用白棉绳绑扎，用摇表（兆欧表）测量绝缘电阻，其阻值不应低于5MΩ（500伏兆欧表），再进行浸漆、烘干。风扇电机功率较小，所用导线较细，绕制线圈及下线时均须小心从事，不然易使导线断线，带来不必要的麻烦甚至返工。

近几年来由于洗衣机行业的发展，应运而生的配套单相异步电动机类型不断增多，本书封三所介绍的奉化通用电器厂产品，就是其中的佼佼者，另外该厂还生产换气扇电机。该厂产品经轻工业部家用电器研究所，机械工业部广州电器科学研究所检测，各项技术指标均符合并超过国家标准，且性能

稳定，造型美观、价格相宜、深受协作单位好评、广大用户欢迎。

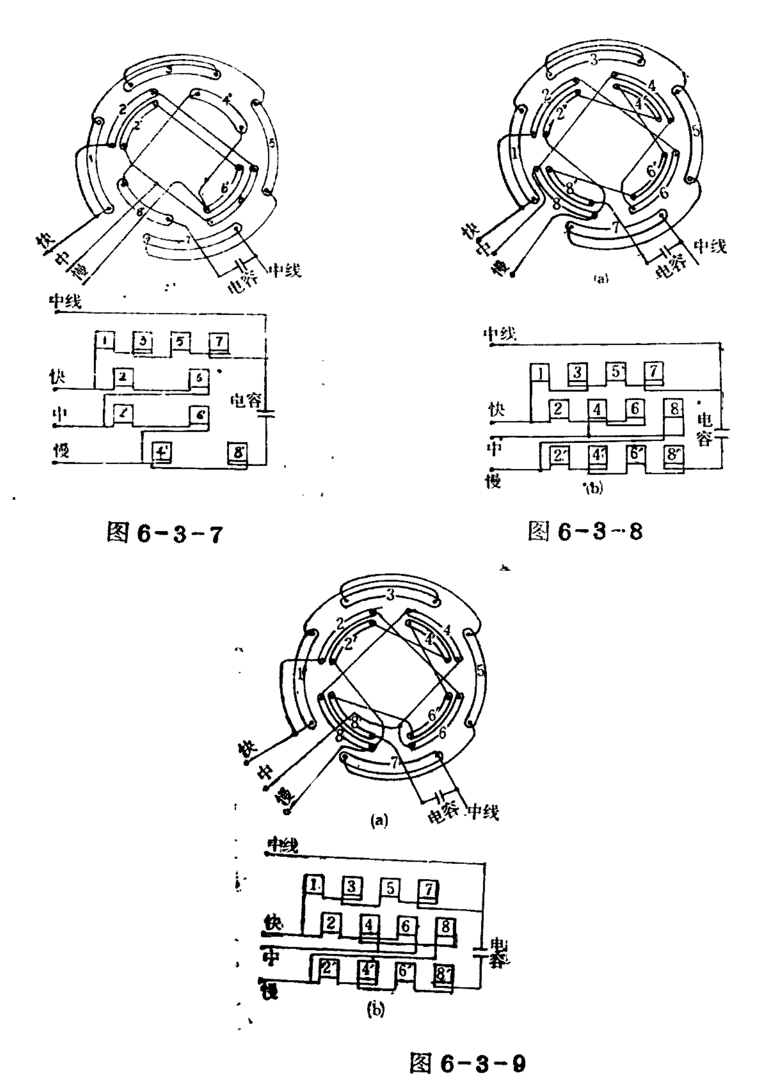


图 6-3-7

图 6-3-8

图 6-3-9

附录 I　BO、CO、DO新系列单相异步电动机技术数据

表 1　BO系列单相电阻起动异步电动机技术数据

电机型号	主要性能							
	功率（瓦）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数	效率（%）	起动电流（安）	起动转矩倍数	最大转矩倍数
BO7112	370	3.5	2800	0.74	65	29	1.25	1.8
BO6332	250	2.5	2800	0.72	63	20	1.3	1.8
BO6322	180	1.95	2800	0.70	60	15.5	1.5	1.8
BO6312	120	1.43	2800	0.68	56	12.5	1.6	1.8
BO5622	90	1.19	2800	0.68	52	10.5	1.7	1.8
BO5612	60	1.01	2800	0.64	42	8	1.8	1.8
BO7124	370	4.17	1400	0.64	63	29	1.3	1.8
BO7114	250	3.05	1400	0.62	60	20	1.4	1.8
BO6334	180	2.44	1400	0.60	56	15.5	1.6	1.8
BO6324	120	1.85	1400	0.59	50	12.5	1.7	1.8
BO6314	90	1.60	1400	0.58	44	10.5	1.8	1.8
BO5624	60	1.28	1400	0.56	38	8	2.0	1.8
BO5614	40	1.05	1400	0.54	32	7	2.2	1.8

续附录1表1—1

电机型号	定子铁芯 外径(毫米)	定子铁芯 内径(毫米)	定子铁芯 长度(毫米)	气隙长度(毫米)	槽数 定子	槽数 转子	主绕组 导线直径	主绕组 每极匝数	主绕组 绕组型式
BO7112	130	66	62	0.25	24	18	0.74	218	21
BO6332	102	52	70	0.25	24	18	0.62	270	21
BO6322	102	52	56	0.25	24	18	0.59	352	22
BO6312	102	54	44	0.25	24	18	0.51	379	22
BO5622	90	52	48	0.25	24	18	0.47	472	22
BO5612	90	48	40	0.25	18	15	0.41	520	
BO7124	130	72	80	0.25	24	22	0.90	126	6
BO7114	130	72	62	0.25	24	22	0.80	161	6
BO6334	102	58	70	0.2	24	22	0.67	200	6
BO6324	102	58	56	0.2	24	22	0.57	248	6
BO6314	102	58	48	0.2	24	22	0.53	288	6
BO5624	90	52	48	0.2	24	22	0.41	318	6
BO5614	90	52	40	0.2	24	22	0.38	374	6

续附录Ⅰ表1—2

电机型号	副绕流			槽满率(%)	主要电磁负荷			空载电流(安)	副绕组起动电流(安)
	导线直径	每极匝数	绕组型式		气隙磁密千高斯	主绕组电密安/毫米^2	副绕组电密安/毫米^2		
BO7112	0.49	140	21	62.9	5.68	6.5	81	1.75	15.35
BO6332	0.41	125	21	56	4.93	7.1	106	1.52	14
BO6322	0.38	174	22	65.8	4.80	5.67	82.2	1.2	9.34
BO6312	0.38	187 反绕14	21	80.5	5.87	5.55	80	1.16	9.1
BO5622	0.35	179	22	71.9	4.69	5.32	87.2	0.724	8.38
BO5612	0.31	227	/	/	4.95	5.2	/	0.58	/
BO7124	0.41	79	6	74.9	6.35	6.2	92	2.92	12.17
BO7114	0.41	123	6	76.6	6.36	5.8	61.2	2.37	8.11
BO6334	0.38	89	6	84.5	5.45	6.2	97	1.92	11
BO6324	0.33	109	6	76	5.32	6.43	91	1.59	7.77
BO6314	0.31	128	6	76.6	5.33	6.25	83.5	1.21	6.3
BO5624	0.29	126	6	74	5.29	8.44	88.5	1.06	5.86
BO5614	0.27	150	6	76.3	5.34	8.29	81.5	0.94	4.67

(注) 1.单相电动机型号说明：例BO7114， BO——系列代号，71——机座代号，表示电机轴中心高71毫米。14——特征代号，表示1号铁心长度，四极。

2.主、副绕组型式请查阅附录Ⅱ

表2　CO系列单相电容起动异步电动机技术数据

电机型号	主要性能							
	功率（瓦）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数	效率（%）	起动电流（安）	起动转矩倍数	最大转矩倍数
CO8012	750	6.25	2800	0.78	70	37	2.5	1.8
CO7122	550	4.84	2800	0.76	68	29	2.5	1.8
CO7112	370	3.5	2800	0.74	65	21	2.5	1.8
CO6332	250	2.5	2800	0.72	63	15	3.0	1.8
CO6322	180	1.95	2800	0.70	60	12	3.0	1.8
CO8024	750	7.05	1400	0.70	69	37	2.5	1.8
CO8014	550	5.65	1400	0.67	66	29	2.5	1.8
CO7124	370	4.17	1400	0.64	63	21	2.5	1.8
CO7114	250	3.05	1400	0.62	60	15	3.0	1.8
CO6334	180	2.44	1400	0.60	56	12	3.0	1.8

续附录Ⅰ表2—1

电机型号	定子铁芯			气隙长度（毫米）	槽数		主绕组		
	外径（毫米）	内径（毫米）	长度（毫米）		定子	转子	导线直径	每极匝数	绕组型式
CO8012	138	74	70	0.25	24	18	1-0.67 1-0.69	146	21
CO7122	130	66	80	0.25	24	18	0.9	159	21
CO7112	130	66	62	0.25	24	18	0.74	218	21
CO6332	102	52	70	0.25	24	18	0.62	276	21
CO6322	102	52	52	0.20	24	18	0.57	301	21
CO8024	138	84	100	0.25	36	34	1-0.72 1-0.80	93	17
CO8014	138	84	80	0.25	36	34	2-0.69	116	17
CO7124	130	72	80	0.25	24	22	0.9	126	6
CO7114	130	72	62	0.25	24	22	0.8	161	6
CO6334	102	58	70	0.20	24	22	0.67	200	6

续附录Ⅰ表2—2

电机型号	副绕组 导线直径	副绕组 每极匝数	副绕组 绕组型式	槽满率 (%)	主要电磁负荷 气隙磁密 千高斯	主要电磁负荷 主绕组电密 安/毫米²	主要电磁负荷 副绕组电密 (安/毫米²)	空载电流 (安)	副绕组起动电流 (安)	电容器容量 微法
CO8012	0.62	165	21	77.8	6.79	7.6	48.7	3.55	14.7	200
CO7122	0.62	140	21	69.6	6.09	6.4	34.6	2.4	10.47	150
CO7112	0.53	224	21	71.1	5.54	6.49	30	1.73	6.65	100
CO6332	0.49	189	21	61.2	4.93	7.1	34.8	1.53	6.57	100
CO6322	0.41	273	21	81	6.15	6.45	32.8	1.3	4.33	75
CO8024	0.64	98	13	74.5	6.65	6.63	43.2	4.75	14	200
CO8014	0.57	112	13	75.7	6.63	6.15	40.8	4.25	10.5	150
CO7124	0.49	131	6	75.8	6.34	6.23	41.1	2.88	7.76	100
CO7114	0.41	147	6	76.6	6.36	5.84	43.6	2.42	5.75	100
CO6334	0.41	114	6	84.5	5.45	6.2	48.2	1.895	6.36	100

（注）1．单相电动机型号说明：例 CO8024， CO——系列代号，80——机座代号，表示电机轴中心高80毫米 24——特征代号，表示2号铁心，四极。

2．主、副绕组型式请查阅附录Ⅱ

表3　DO系列单相电容运转异步电动机技术数据

电机型号	主要性能							
	功率（瓦）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数	效率（%）	起动电流（安）	起动转矩倍数	最大转矩倍数
DO6312	180	1.42	2800	0.88	65	7	0.35	1.6
DO5622	120	1	2800	0.88	62	5	0.35	1.6
DO5612	90	0.82	2800	0.86	58	3.2	0.35	1.6
DO5022	60	0.55	2800	0.86	53	2.5	0.5	1.6
DO5012	40	0.45	2800	0.84	48	2	0.7	1.6
DO4522	25	0.32	2800	0.84	42	1.5	0.7	1.6
DO4512	15	0.23	2800	0.82	36	1	0.7	1.6
DO6324	180	1.67	1400	0.86	57	7	0.35	1.6
DO6314	120	1.2	1400	0.86	53	5	0.35	1.6
DO5624	90	0.97	1400	0.84	49	3.2	0.35	1.6
DO5614	60	0.72	1400	0.84	45	2.5	0.35	1.6
DO5024	40	0.52	1400	0.82	40	2	0.7	1.6
DO5014	25	0.35	1400	0.82	35	1.5	0.7	1.6
DO4524	15	0.28	1400	0.80	30	1	0.7	1.6
DO4514	8	0.20	1400	0.80	23	0.8	0.7	1.6

续附录Ⅰ表3—1

电机型号	定子铁芯			气隙长度(毫米)	槽数		主绕组		
	外径(毫米)	内径(毫米)	长度(毫米)		定子	转子	导线直径	每极组数	绕组型式
DO6312	102	54	44	0.25	24	18	0.44	341	22
DO5622	90	48	48	0.25	18	12	0.41	400	14
DO5612	90	48	38	0.25	18	12	0.33	500	14
DO5022	80	43	46	0.25	24	18	0.29	550	26
DO5012	80	43	35	0.25	24	18	0.25	700	26
DO4522	71	38	45	0.2	12	15	0.25	698	4
DO4512	71	38	45	0.2	12	15	0.23	823	4
DO6324	102	60	55	0.25	24	22	0.44	213	6
DO6314	102	60	44	0.25	24	22	0.38	265	6
DO5624	90	52	48	0.2	24	18	0.31	260	6
DO5614	90	52	38	0.2	24	18	0.29	350	6
DO5024	80	42	44	0.15	24	18	0.27	373	6
DO5014	80	42	34	0.15	24	18	0.25	504	6
DO4524	71	38	45	0.2	12	15	0.21	523	1
DO4514	71	38	45	0.2	12	15	0.2	575	1

续附录Ⅰ表3—2

电机型号	副绕组 导线直径	副绕组 每极匝数	副绕组 绕组型式	槽满率 (%)	主要电磁负荷 气隙磁密 千高斯	主要电磁负荷 主绕组电密 安/毫米²	主要电磁负荷 副绕组电密 安/毫米²	空载电流 (安)	电容器电容 微法
DO6312	0.33	510	22	74.6	6.34	3.44	8.71	1.29	6
DO5622	0.27	640	17	84	5.38	2.97	9	0.66	4
DO5612	0.27	650	17	75.7	5.18	3.67	7.47	0.63	4
DO5022	0.23	778	25	68.7	4.26	6.42	8.64	0.474	2
DO5012	0.19	920	25	62.1	4.16	6.53	9.65	0.38	2
DO4522	0.2	1369	4	81.9	4.53	1.19	5.33	0.373	1
DO4512	0.19	1258	4	75.7	3.91	0.625	4.96	0.249	1
DO6324	0.33	355	6	75.8	6.48	4.62	9.71	1.73	6
DO6314	0.29	460	6	76	6.41	5.32	8.05	1.28	4
DO5624	0.29	420	6	83	6.20	5.8	9.35	1.23	4
DO5614	0.27	460	6	84.5	5.82	6.65	8.62	0.84	4
DO5024	0.2	598	6	88.8	6.05	5.83	8.43	0.565	2
DO5014	0.18	523	6	87.7	5.81	6.11	8.17	0.382	2
DO4524	0.17	670		72.5	3.87	8.79	5.39	0.388	1
DO4514	0.16	650		67.2	3.59	7.96	5.94	0.275	1

（注） 1．单相电动机型号说明：例DO4512，DO——系列代号，45——机座代号，表示电机轴中心高 45毫米 12——特征代号，表示1号铁心，2极。

2．主、副绕组型式请阅附录Ⅲ

3．DO4524、DO4514的副绕组为集中绕组，跨距1——3槽。

附录Ⅱ　JZ、JY、JX旧系列单相异步电动机技术数据

表1　JZ系列单相电容运转异步电动机技术数据

电机型号	主要性能						
	功率（瓦）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数	效率（%）	起动电流（安）	起动转矩倍数
JZ1B—2	400	3.8	2900	0.72	66	29	1.25
JZ09A—2	250	2.5	2900	0.72	63	20	1.25
JZ09B—2	180	1.9	2900	0.72	60	15.5	1.40
JZ08A—2	120	1.5	2820	0.70	56	12.5	1.60
JZ08B—2	90	1.1	2820	0.70	52	10.5	1.60
JZ1A—4	400	4.6	1440	0.62	64	29	1.25
JZ1B—4	250	2.9	1440	0.62	60	20	1.25
JZ09A—4	180	2.3	1440	0.62	56	15.5	1.40
JZ09B—4	120	1.7	1440	0.62	50	12.5	1.50
JZ08A—4	90	1.5	1440	0.62	44	10.5	1.60
JZ08B—4	60	1.1	1440	0.62	38	8	1.60

续附录Ⅰ表1—2

电机型号	定子铁芯 外径(毫米)	定子铁芯 内径(毫米)	定子铁芯 长度(毫米)	气隙长度(毫米)	槽数 定子	槽数 转子	主绕组 导线直径	主绕组 每极匝数	主绕组 绕组型式
JZ1B—2	145	75	48	0.35	24	30	0.90	268	21
JZ09A—2	120	60	56	0.30	24	18	0.69	275	21
JZ09B—2	120	60	48	0.30	24	18	0.67	302	21
JZ08A—2	102	52	60	0.30	18	15	0.59	370	17
JZ08B—2	102	52	46	0.30	18	15	0.53	494	17
JZ1A—4	145	85	65	0.30	36	42	0.93	151	17
JZ1B—4	145	85	48	0.30	36	42	0.80	190	17
JZ09A—4	120	71	62	0.25	24	22	0.64	186	6
JZ09B—4	120	71	48	0.25	24	22	0.55	237	6
JZ08A—4	102	58	60	0.25	24	22	0.51	250	6
JZ08B—4	102	58	46	0.25	24	22	0.44	336	6

续附录Ⅰ表1—3

电机型号	副绕组			槽满率 (%)	主要电磁负荷			空载电流 (安)	副绕组起动电流 (安)
	导线直径	每极匝数	绕组型式		气隙磁密 千高斯	主绕组电密 安/毫米²	副绕组电密 (安/毫米²)		
JZ1B—2	0.44	133	21	80	5.74	5.69	108	1.43	16.55
JZ09A—2	0.38	160	21	74.5	6.08	6.6	92.4	1.4	10.48
JZ09B—2	0.31	198	21	80.5	6.38	5.3	82.4	1.3	6.22
JZ08A—2	0.33	175	14	69	4.91	5.18	85.2	0.78	7.28
JZ08B—2	0.35	181	14	76	4.81	5.2	90.4	0.57	8.7
JZ1A—4	0.44	74	13	84.5	6.75	6.35	102.1	2.26	15.6
JZ1B—4	0.35	112	13	61	7.16	5.88	81.9	2.08	7.88
JZ09A—4	0.33	122	6	83.2	6.58	7.34	74.5	1.63	6.37
JZ09B—4	0.31	115	6	78.1	6.60	7.35	95	1.3	7.16
JZ08A—4	0.27	134	6	78.8	6.35	7.2	77.6	1.05	4.45
JZ08B—4	0.27	149	6	77.8	6.19	7.6	79.5	0.76	4.55

（注） 主、副绕组型式请查阅附录Ⅱ

表 2 、 JY系列单相电容起动异步电动机技术数据

电机型号	主要性能						
	功率（瓦）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数	效率（%）	起动电流（安）	起动转矩倍数
JY1B—2	400	3.85	2900	0.72	66	21	2
JYO9A—2	250	2.5	2900	0.72	63	15	2.5
JYO9B—2	180	1.9	2900	0.72	60	12	2.5
JY2A—4	800	7.8	1400	0.68	69	37	2
JY2B—4	600	6.0	1400	0.68	67	29	2
JY1A—4	400	4.6	1400	0.62	64	21	2
JY1B—4	250	3.0	1400	0.62	60	15	2.5
JY09A—4	180	2.3	1400	0.62	56	12	2.5

续附录Ⅰ表2—1

电机型号	定子铁心 外径(毫米)	定子铁心 内径(毫米)	定子铁心 长度(毫米)	气隙长度(毫米)	槽数 定子	槽数 转子	主绕组 导线直径	主绕组 每极匝数	主绕组 绕组型式
JY1B—2	145	75	48	0.35	24	30	0.93	232	21
JY09A—2	120	60	56	0.30	24	18	0.69	248	21
JY09B—2	120	60	48	0.30	24	18	0.69	302	21
JY2A—4	160	95	88	0.30	36	42	1.25	96	17
JY2B—4	160	95	78	0.30	36	42	1.08	116	17
JY1A—4	145	85	65	0.30	36	42	0.93	150	17
JY1B—4	145	85	48	0.30	36	42	0.8	184	17
JY09A—4	120	71	62	0.25	24	22	0.64	174	6

续附录Ⅱ表2—2

电机型号	副绕组 导线直径	副绕组 每极匝数	副绕组 绕组型式	槽满率(%)	主要电磁负荷 气隙磁密(千高斯)	主要电磁负荷 主绕组电密(安/毫米²)	主要电磁负荷 副绕组电密(安/毫米²)	空载电流(安)	副绕组起动电流(安)	电容器容量微法
JY1B—2	0.98	186	21	84.2	6.22	5.69	12.9	2.38	8.2	200
JY09A—2	0.69	186	21	83.5	6.59	6.6	14.6	1.7	5.45	150
JY09B—2	0.64	179	21	86	6.32	5.31	16.35	1.36	5.26	150
JY2A—4	0.9	60	13	87.3	7.20	6.13	25.6	4.65	16.3	400
JY2B—4	0.86	72	13	83.5	6.70	6.35	27	3.84	15.7	400
JY1A—4	0.64	102	13	84.4	6.78	6.34	21.1	2.6	6.8	200
JY1B—4	0.8	93	13	88	7.25	5.88	14.6	2.45	7.36	200
JY09A—4	0.59	102	6	73	6.85	7.34	20.6	2.2	5.65	150

(注) 主副绕组型式请查阅附录Ⅱ

表3 JX系列单相电容运转异步电动机技术数据

电机型号	主要性能						
	功率（瓦）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数	效率（%）	起动电流（安）	起动转矩倍数
JX07A—2	90	0.77	2850	0.90	58	3	0.3
JX07B—2	60	0.58	2850	0.90	53	2	0.3
JX07A—4	60	0.75	1400	0.82	45	2	0.3
JX07B—4	40	0.55	1400	0.82	40	1.5	0.3
JX06A—2	40	0.42	2820	0.90	48	1.5	0.3
JX06B—2	25	0.29	2820	0.90	42	1.2	0.3
JX06A—4	25	0.39	1350	0.82	35	1.2	0.3
JX06B—4	15	0.28	1350	0.82	30	1	0.3
JX05A—2	15	0.21	2750	0.90	36		0.3
JX05B—2	8	0.14	2750	0.90	28		0.3
JX05A—4	8	0.20	1300	0.82	23		0.3
JX05B—4	4	0.15	1300	0.82	15		0.3

续附录Ⅰ 3—1

电机型号	定子铁芯			气隙长度（毫米）	槽数		电容器容量（微法）
	外径（毫米）	内径（毫米）	长度（毫米）		定子	转子	
JX07A—2	94	48	45	0.28	18	15	10
JX07B—2	94	48	36	0.28	18	15	6
JX07A—4	94	48	45	0.23	18	15	8
JX07B—4	94	48	36	0.23	18	15	6
JX06A—2	84	42	45	0.25	16	10	2
JX06B—2	84	42	35	0.25	16	10	1.5
JX06A—4	84	42	45	0.25	16	10	2.5
JX06B—4	84	42	35	0.25	16	10	1.5
JX05A—2	71	36	42	0.25	16	10	1
JX05B—2	71	36	30	0.25	16	10	0.75
JX05A—4	71	36	42	0.25	16	10	1
JX05B—4	71	36	30	0.25	16	10	1

续附录Ⅰ表3—2

电机型号	主绕组 导线直径	主绕组 每极组数	主绕组 绕组系数	副绕组 导线直径	副绕组 每极匝数	副绕组 绕组系数	槽满率 (%)	气隙磁密 (千高斯)	主绕组电流 (安)	副绕组电流 (安)
JX07A—2	绕组数据见表4									
JX07B—2										
JX07A—4										
JX07B—4										
JX06A—2	0.27	580	0.828	0.27	580	0.828	87	4.51	0.226	0.198
JX06B—2	0.23	745	0.828	0.23	745	0.828	85.7	4.51	0.162	0.149
JX06A—4	0.23	412	0.854	0.23	412	0.854	82.5	5.76	0.447	0.252
JX06B—4	0.2	600	0.854	0.2	600	0.854	77.2	5.29	0.225	0.157
JX05A—2	0.2	706	0.828	0.21	706	0.828	67	5.06	0.197	0.159
JX05B—2	0.15	1078	0.828	0.15	1078	0.828	53	4.84	0.105	0.073
JX05A—4	0.18	570	0.924	0.19	570	0.924	66.4	5.28	0.207	0.115
JX05B—4	0.16	800	0.924	0.15	800	0.924	63.2	5.28	0.149	0.112

表4 JX系列单相电容运转异步电动机绕组排列方法

绕组型式 型号	主绕组节距与匝数	副绕组节距与匝数
JX06A—2	240 204 136 1 2 3 4 5 6 7 8	5 6 7 8 9 10 11 12 136 204 240
JX06B—2	308 262 175 1 2 3 4 5 6 7 8	5 6 7 8 9 10 11 12 175 262 308
JX06A—4	206 206 1 2 3 4 5	3 4 5 6 7 206 206
JX06B—4	300 300 1 2 3 4 5	3 4 5 6 7 300 300
JX05A—2	290 250 166 1 2 3 4 5 6 7 8	5 6 7 8 9 10 11 12 166 250 290
JX05B—2	440 376 252 1 2 3 4 5 6 7 8	5 6 7 8 9 10 11 12 252 376 440

绕组型式 型号	主绕组节距与匝数	副绕组节距与匝数
JX05A—4	570 1 2 3 4	3 4 5 6 656
JX05B—4	800 1 2 3 4	3 4 5 6 800
JX07A—2		导线直径：ϕ0.31 每槽导体数：300 节距：1—10，2—9。
JX07B—2		导线直径：ϕ0.27 每槽导体数：364 节距：1—10，2—9。
JX07A—4		导线直径：ϕ0.29 每槽导体数：470 节距：1—5双层。
JX07B—4		导线直径：ϕ0.27 每槽导体数：584 节距：1—5，2—6。

附录Ⅱ　正弦绕组每槽导体数分配和基波绕组系数

编号	每极槽数	每槽导体数百分比 跨槽数 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均跨槽数 Y	基波绕组系数绕 K_{dpI}
1	4		60.8		39.2									2.78	0.822
2			58.6		41.4									2.83	0.829
3	6			42.3		57.7								4.15	0.856
4		13.5		36.5		50.0								3.73	0.776
5					63.4		36.6							4.73	0.914
6			26.8		46.4		26.8							4	0.804
7	8					45.9		54.1						6.08	0.911
8				23.5		35.1		41.4						5.36	0.828
9							64.8		35.2					6.7	0.95
10					33.1		43.4		23.5					5.81	0.87
11			15.3		28.0		36.8		19.9					5.23	0.795
12	9							65.3		34.7				7.69	0.961
13						34.7		42.6		22.7				6.76	0.893
14				18.5		28.3		34.7		18.5				6.06	0.821
15							47.8		52.2					7.05	0.929
16					25.7		34.8		39.5					6.28	0.855
17			12.1		22.7		30.6		34.6					5.75	0.793
18	12									48.2		51.8		10.04	0.959
19								29.3		34.1		36.6		9.15	0.910
20						18.3		24.0		27.8		29.9		8.39	0.854
21				10.3		16.5		21.4		25.0		26.8		7.83	0.806
22		3.4		10.0		15.9		20.8		24.1		25.8		7.59	0.783
23											65.9		34.1	10.68	0.977
24									37.2		41.4		21.4	9.68	0.936
25							23.3		28.5		31.8		16.4	8.38	0.883
26					14.1		20.0		24.5		27.3		14.1	8.15	0.829
27			6.8		13.2		18.6		22.8		25.4		13.2	7.73	0.789

附录Ⅳ　常用电磁线的牌号及数据

表 1　常用电磁线的牌号及主要用途

电磁线名称	牌号	主要用途
油性漆包圆铜线	Q	制造电机、电器和仪表的绕组用
高强度聚脂漆包圆铜线 高强度聚脂漆包扁铜线	QZ QZB	用于机械强度和电气性能要求较高而不需纤维材料保护漆层的电机、电器和仪表的绕组，且有热稳定性和抗溶性
高强度聚乙烯醇缩漆包圆铜线 高强度聚乙烯缩醛漆包扁铜线	QQ QQB	用于机械强度和电气性能要求较高而不需纤维材料保护漆层的电机、电器和仪表的绕组，且有热稳定性和抗溶性。
单丝(天然丝)漆包圆铜线 单丝(人造丝)漆包圆铜线 单纱漆包圆铜线	QST QSR QM	供制造小型和特殊电机、电器以及仪表的绕组之用
单纱包圆铜线， 单纱包扁铜线， 双纱包圆铜线 双纱包扁铜线	M MB ME MEB	制造电机及电器的绕组用
单玻璃丝包高强度缩醛漆包园铜线 单玻璃丝包高强度聚酯漆包园铜线	QQSBC QZSBC	用于工作温度为－60°～＋120°C的防潮电机、电器绕组
双玻璃丝包圆铜线 双玻璃丝包扁铜线 三玻璃丝包扁铜线	SBEC SBECB SBCB	同上，但工作温度为－60°～＋150°C

表 2　　常用圆铜（裸）直径与截面积表

直径 （毫米）	截面积 平方（毫米）	直径 （毫米）	截面积 平方（毫米）	直径 （毫米）	截面积 平方（毫米）	直径 （毫米）	截面积 平方（毫米）
0.12	0.0113	0.41	0.1320	(0.77)	0.466	1.35	1.431
0.14	0.0154	0.44	0.1521	0.80	0.503	(1.40)	1.539
0.15	0.0177	0.47	0.1735	(0.83)	0.541	1.45	1.651
0.16	0.0201	(0.49)	0.1886	0.86	0.581	(1.50)	1.767
0.18	0.0255	0.51	0.204	(0.90)	0.636	(1.56)	1.911
0.19	0.0284	(0.53)	0.221	0.93	0.679	(1.62)	2.06
0.20	0.0314	0.55	0.238	(0.96)	0.724	1.68	2.22
0.23	0.0415	(0.57)	0.255	1.0	0.785	(1.74)	2.38
0.25	0.0491	0.59	0.273	(1.04)	0.849	1.81	2.57
0.27	0.0573	(0.62)	0.302	1.08	0.916	(1.88)	2.78
0.29	0.0661	0.64	0.322	(1.12)	0.985	1.95	2.99
0.31	0.0755	(0.67)	0.353	1.16	1.057	(2.02)	3.2
0.33	0.0855	0.69	0.374	(1.20)	1.131	2.1	3.46
0.35	0.0962	(0.72)	0.407	1.25	1.227	2.26	4.01
0.38	0.1134	0.74	0.430	(1.30)	1.327	2.44	4.68

附录V　台、吊扇电动机技术数据

类别	规格(毫米)	极数	功率(瓦)	电流(安)	转速(转/分)	铁芯 外径(毫米)	铁芯 内径(毫米)	铁芯 槽数	铁芯 叠厚
电容式台扇	250	4	35	0.15	1300	88	44.7	8	20
	250	4				78	44.5	16	20
	300	4	44	0.20	1280	88	44.7	8	26
	300	4				88.5	46.5	16	20
	350	4	54	0.25	1280	88	44.7	8	32
	350	4				88.5	49	16	26
	400	4	66	0.33	1260	88	44.7	8	32
	400	4				88	44.7	8	32
	400	4				88.5	49	16	35
	400	4				88.4	49	16	32
罩极式台扇	200	2	32	0.19	2500	59	28		32
	230	2	36	0.20	2300	70	35		32
	300	4				88	44.7		32
	400	4	80	0.45	1280	108	51		32
电容式吊扇	900	14	50	0.24	380	118	20	28	23
	1200	18	73	0.37	290	134.75	70.5	36	25
	1400	16				139	20	32	25
	1400	18	80	0.40	280	134.75	70.5	36	25
罩极吊扇	900	12	70	0.48	380	123.6	51	12	30

续附录V表1

类别	主绕组			中间绕组	
	线径	匝数	电阻(欧)	线径	匝数
电容式台扇	0.17	935×4	330	0.15	(500+300)×2
	0.15	1050×4	485	0.15	550×4
	0.17	634×4	270		
	0.17	800×4	340	0.15	550×4
	0.23	560×4	165		
	0.21	720×4			
	0.23	530×4	150		
	0.23	520×4	147	0.17	560×2
	0.23	570×4	160		
	0.21	550×4		0.19	350×4
罩极式台扇	0.19	1270×2	180		
	0.21	1100×2			
	0.27	510×4	100		
	0.47	450×4	45		
电容式吊扇	0.23	380×14	220		
	0.27	280×18	185		
	0.29	245×16			
	0.27	290×18	190		
罩极吊扇	0.38	550×6			

续附录V表2

类别	副绕组 线径	副绕组 匝数	副绕组 电阻(欧)	电容器(微法)	线模尺寸(毫米)	跨距	绕组型式	调速方法
电容式台扇	0.15	1020×2	470	1	34×35	1～3	双层	抽头
	0.15	1050×4	485	1	32×33	1～4	单层	抽头
	0.19	620×4	340	1.5	34×35	1～3	双层	电抗器
	0.15	1100×4	1506	1	32×35	1～4	单层	抽头
	0.19	790×4	350	1.2	27×32	1～3	双层	电抗器
	0.17	930×4	380	1.2	30×37	1～4	单层	头抗器
	0.17	890×4	470	1.2	34×47	1～3	双层	电抗流
	0.17	1000×2	530	1.2	34×47	1～3	双层	抽头
	0.19	720×4	360	1.2	34×47	1～4	单层	电抗器
	0.19	350×4	200	1.2	35×40	1～4	单层	抽头
罩极式台扇					33×34			
					33×39			
					27×40			
					31×40			
电容式吊扇	0.19	506×14	225	1	24×40	1～3	双层	
	0.25	328×18	480	2	21.5×43	1～3	双层	
	0.25	315×16	470	2	21.5×43	1～3	双层	
	0.25	328×18	480	2.4	21.5×43	1～3	双层	
罩极吊扇					23×44			

(注)中间绕组亦称调速绕组

责任编辑：李敏康
封面设计：杨梦令

ISBN 7—5361—0011—4/TM·1　统一书号：15343·13　定价：1.90元